ANALISIS PERANCANGAN *DESIGN SUBMERSIBLE PUMP* KAWASAN TIMUR LAPANGAN PS PADA SUMUR G

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Mencapai Gelar Sarjana

Oleh

DIDIK SURYADI

NPM.143210733

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh	:	
Nama	:	Didik Suryadi
NPM	:	143210733
Program Studi	:	Teknik Perminyakan
Judul Skripsi	:	Analisis Perancangan *Design Submersible Pump* Kawasan Timur Lapangan PS Pada Sumur G

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	: Novrianti, S.T., M.T.	(	)
Penguji	: Richa Melysa, S.T., M.T.	(	)
Diterapkan di	: Pekanbaru		
Tanggal	: 28 Juli 2021		

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

(Novia Rita, S.T., M.T.)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

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, 28 Juli 2021



Didik Suryadi

143210733

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

KATA PENGANTAR

Puji syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Selama menjalani Program Studi Teknik Perminyakan hingga sampai dengan penyelesaian Tugas Akhir, banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Hj. Fitrianti, S.T., M.T.selaku pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan 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 dengan kelancaran akademik.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliah di Teknik Perminyakan.
4. Pihak PT.Petrogas (Basin) Ltd sorong - Papua Barat, terutama Bapak Melkior kaludjai selaku mentor lapangan yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan untuk tugas akhir saya.
5. Ponidi (Bapak), Sumi Lestari (ibu) dan Sri Suryani (Kakak) serta keluarga yang telah memberikan dukungan, doa serta semangat dan nasihat dalam hidup saya.
6. Teman-teman saya terutama *Energy Class* (PE 2014 E), SIAR14 dan sahabat seperjuangan saya Leovaldo, Dita Audina, Sonya, Romal, Agus, Aldery, Arif, Ridho, Aji, Wisnu, Muharram, Rendi, Riska dan teman teman yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu saya dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

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

Pekanbaru, 28 Juli 2021

Didik Suryadi

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **i**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **ii**

KATA PENGANTAR ..... **iii**

DAFTAR ISI ..... **iv**

DAFTAR GAMBAR ..... **vii**

DAFTAR TABLE ..... **viii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **ix**

DAFTAR SINGKATAN ..... **x**

DAFTAR SIMBOL ..... **xi**

ABSTRAK ..... **xii**

ABSTRACT ..... **xiii**

BAB I **1**

PENDAHULUAN **1**

1.1 LATAR BELAKANG 1

1.2 TUJUAN PENELITIAN 2

1.3 MANFAAT PENELITIAN 2

1.4 BATASAN MASALAH 3

BAB II **4**

TUJUAN PUSTAKA **4**

2.1 PRODUKTIVITAS FORMASI 5

2.2 *INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP* (IPR) 5

2.3 *PRODUCTIVITY INDEX* (PI) 5

2.4 KELAKUAN ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA DAN *FRICTION LOSS* 7

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.5 FRICTION LOSS 7
2.6 METODE *VOGEL* 8
2.7 ARTIFICIALLIFT 9
2.8 SEJARAH *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* 10
2.9 ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP 11
2.10 KEUNTUNGAN DAN KEKURANGAN PENERAPAN *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* 12
2.11 PERALATAN ATAS PERMUKAAN 13
2.9.1 Well Head 13
2.9.2 Juction Box 14
2.9.3 *Switchboard* 15
2.9.4 Transformer 16
2.12 PERALATAN BAWAH PERMUKAAN 16
2.10.1 Motor ESP 16
2.10.2 Protector 17
2.10.3 Gas Separator 17
2.10.4 Pompa 18
2.13 CARA KERJA *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP* 18
2.14 PUMP CURVE 19
2.15 PERKIRAAAN *PUMP SETTING DEPTH* 20
2.16 HEAD FEET PERSTAGE 21
2.17 BRAKE HORSE POWER PERSTAGE 21
2.18 EFFISIENSI POMPA 21
2.19 PENENTUAN JENIS CABLE 21
2.20 STATE OF THE ART 22
BAB III 24

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

METODOLOGI PENELITIAN **24**

3.1 METODE PENELITIAN 24

3.1.1 METODE *VOGEL* 24

3.2 FLOWCHART 27

3.3 JENIS PENELITIAN 28

3.4 DATA SUMUR G LAPANGAN PS 28

3.5 TEMPAT PENELITIAN 29

BAB IV **29**

PEMBAHASAN **29**

4.1 DATA PRODUKSI SUMUR G 29

4.2 HASIL PERHITUNGAN LAJU ALIR PADA KURVA *IPR* SUMUR G 30

4.3 PERHITUNGAN *PUMP SETTING DEPTH* (PSD) DAN TOTAL DYNAMIC *HEAD* (TDH) 32

4.4 PEMILIHAN UKURAN POMPA DAN *STAGE* 33

4.5 *PUMP CURVE* DAN PEMILIHAN MOTOR 34

4.6 PEMILIHAN MOTOR 36

4.7 PENENTUAN *CABEL* DAN *SWITCHBOARD* 36

BAB V **38**

SARAN DAN KESIMPULAN **38**

5.1 KESIMPULAN 38

5.2 SARAN 38

DAFTAR PUSTAKA **39**

LAMPIRAN I **42**

LAMPIRAN II **45**

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Friction loss hanzen william 8
Gambar 2. 2 Schematic of primary six artificial lift methods 10
Gambar 2. 3 *Wellhead* 14
Gambar 2. 4 Junction Box 15
Gambar 2. 5 Switchboard 15
Gambar 2. 6 Komponen utama ESP 19
Gambar 2. 7 Pump Curve 20
Gambar 4. 1 Kurva IPR Sumur G 31
Gambar 4. 2 Pump curve INJ-12000 35
Gambar 4. 3 Pump Curve HN-13000 35

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABLE

Tabel 2. 1 Klasifikasi PI 7
Tabel 3. 1 Data *Well* Komplesi Sumur G……..28
Tabel 3. 2 Data Produksi dan Pvt Sumur G 28
Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian 29
Tabel 4. 1 Data Produksi dan Pvt Sumur G……29
Tabel 4. 2 Data *Well* Komplesi Sumur G 30
Tabel 4. 3 asil Perhitungan Laju Alir Sumur G 31
Tabel 4. 4 PSD Optimum pada Sumur G 32
Tabel 4. 5 Total Dynamic Head Sumur G 33
Tabel 4. 6 Pemilihan Type dan Ukuran Pompa 33
Tabel 4. 7 Penentuan Jumlah *Stages* 34
Tabel 4. 8 Penentuan Spesifikasi Pompa 36

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Menggunakan Metode *Vogel* Dan Prediksi Laju Optimum Sumur G
LAMPIRAN II	Perhitungan Perancangan *Design* Esp Peralatan Atas Dan Bawah Permukaan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SINGKATAN

BPD	*Barrel Per-day*
BFPD	*Barrel Fluid Per-day*
BOPD	*Barrel Oil Per-day*
IPR	*Inflow Performance Relationship*
Sg	*Specific Gravity*
Sgw	*Specific Gravity Water*
Sgo	*Specific Gravity Oil*
WC	*Water Cut*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SIMBOL

D	Diameter *casing*, inch
Gf	Gradien Fluida, psi/ft
PI	*Productivity Index*, bfpd/psi
Pr	Tekanan *Reservoir*, psi
Pwf	Tekanan Aliran Dasar Sumur, psi
Pwh	Tekanan Aliran Kepala Sumur, psi
Pb	Tekanan *Bubble point*, psi
Ps	Tekanan static, psi
Q	Laju Alir Produksi, bfpd
Qmaks	Laju Alir Produksi Maksimal, bfpd
WFL	*Working Fluid Level*, ft
SFL	*Static Fluid Level*, ft

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ANALISIS PERANCANGAN *DESIGN SUBMERSIBLE PUMP* KAWASAN TIMUR LAPANGAN PS PADA SUMUR G

DIDIK SURYADI
143210733

ABSTRAK

Lapangan PS merupakan salah satu lapangan terbesar yang berada di salah satu provinsi papua barat dalam industri minyak dan gas. Namun seiring dengan berjalannya waktu telah memasuki masa *abandoned* yang dilihat dengan *watercut* yang tinggi mencapai 99.5%. dengan berkurangnya kemampuan sumur secara alami ini perusahaan memutuskan agar meningkatkan produksi pada lapangan PS dengan melakukan optimasi pada sumur G dengan menggunakan ESP. Untuk mendapatkan laju produksi yang optimal perlu dilakukan analisis dan perhitungan dalam mendisain sesuai dengan kebutuhan sumur. Peneliti melakukan *design* dengan metode *vogel* serta dilakukan dengan metode *study* lapangan. Dengan tahapan metode dilakukan dengan mengumpulkan data skunder kualitatif dan melakukan perhitungan *design* ESP sesauai dengan kebutuhan sumur G. Metode *vogel* dipilih karena memiliki nilai ketepatan dan perhitungan yang sederhana dengan aliran multifasa. Dengan mengetahui *productivity index* dan Sebagai penggambaran *inflow performance relationship*. Pada perhitungan design ESP mengguanakan metode *vogel* didapatkan nilai laju alir maksimum 22528 BFPD dan laju alir optimum 18113 BFPD pada grafik *IPR*. Sumur G dengan laju produksi fluida sebesar 8982 BFPD dan 45 BOPD, dipilih tipe pompa REDA 562 dengan jenis pompa HN13000 dengan *range* efesiensi 9200-16400stb/d dinilai kurang efektif dalam optimasi. Berdasarkan hasil perhitungan maka didapat perpotongan antara kurva tersebut, bahwa pada sumur G dengan PI tinggi 77 bbl/d/psi dengan *range* optimal 18113 dengan dipilih pompa INJ-1200 dengan *stage* 25 untuk mencapai mencapai *efficiency pump curve* di atas 60%. Pemilihan *transformes* dan *switchboard* dipilih *size* 3 dan 350 kVa dengan *size* pompa sekala besar.

Kata Kunci : *Pump Curve*, Laju Produksi, *Stage, Electric Submersible Pump*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DESIGNANALYSIS DESIGN SUBMERSIBLE PUMP EAST FIELD AREA PS ON WELLS G

DIDIK SURYADI
143210733

ABSTRACT

PS field is one of the largest fields in the province of West Papua in the oil and gas industry. But over time, it has entered an period abandoned which is seen with water cut a high of 99.5%. With this natural reduction in the ability of the well, the company decided to increase production in the PS field by optimizing the G well using ESP. To get the optimal production rate, it is necessary to analyze and calculate the design in accordance with the needs of the well. The researcher conducted the design using the method Vogel and carried out with the method study field. The method stage is carried out by collecting qualitative secondary data and calculating the design ESP according to the needs of the G well. The method was Vogel chosen because it has an accuracy value and a simple calculation with multiphase flow. By knowing the productivity index and As a description of the inflow performance relationship. In the calculation of the ESP design using the Vogel method, the maximum flow rate value is 22528 BFPD and the optimum flow rate is 18113 BFPD. Well G with a fluid production rate of 8982 BFPD and 45 BOPD, selected the REDA 562 pump type with the HN13000 pump type with an range of efficiency9200-16400stb/d considered less effective in optimization. Based on the calculation results, it is found that the intersection of the curves shows that in well G with a high PI of 77 bbl/d/psi with an range of optimal18113 the INJ-1200 pump with selected. stage 25 is to achieve a pump curve efficiency above 60%. The selection of transformers and switchboards is selected with sizes 3 and 350 kVa with large scale pump sizes.

Keywords : *Pump Curve, Production Rate, Stage, Electric Submersible Pump*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sumur produksi seiring dengan berjalannya waktu akan mengalami penurunan tekanan *reservoir* yang telah mencapai batas (*limit*) di mana tekanan hidrostatik lebih kecil dari tekanan *reservoir* yang menyebabkan berkurangnya laju produksi. Pada lapangan PS area timur yang dikelola oleh perusahaan minyak dan gas. Penerapan metode pengangkatan buatan *artificial lift* sangat berperan penting dalam peningkatan laju produksi terkait dengan rendahnya tekan *reservoir* untuk mengangkat fluida menuju ke fasilitas produksi (Verde, Biazussi, and Bannwart 2013). Penyebab hal ini dikarenakan ketidak stabilan bahkan melemahnya tekanan dari *reservoir* namun di samping itu juga dipengaruhi oleh ketepatan pada jumlah *stage* dan kondisi dari peralatan produksi yang dapat menyebabkan *over* dan *under load* dengan *factor* utama pada sumur G ini yang hampir mendekati masa *abandoned.*

Salah satu *artificial lift* yang digunakan adalah *Electrical submersible pump* yang efisien baik produksi dengan volume menengah hingga besar yang dipengaruhi oleh pemilihan ukuran, desain dan sistem yang tepat dan sesuai dengan kapasitas sumur guna menghindari terjadinya ketidak stabilanya laju produksi (Hussain and Company 2020). Menurut (Cardona, Kadio-morokro, and Knight 2016) perkembangan penerapan teknologi *electric submersible pump* umumnya mencangkup kondisi aliran yang dihasilkan lebih besar sebagai tolok ukur pertimbangan kajian pemilihan *ESP* dan menghindari pemilihan yang tidak tepat sehingga menyebabkan *ESP* meghasilkan *performance* di luar jangkauan dan menimbulkan efek terhambatnya laju produksi. Perancangan *electrical submersible pump* selain secara teknis dan ekonomi juga dipengaruhi adanya produktivitas sumur, sifat fluida oleh prilaku *reservoir* baik tekanan *reservoir*, *gas oil ratio*, *water cut* (Jayanti, Sudibyo, and Sulustiyanto 2015). Pemilihan metode *vogel* dipilih karena fluida yang dihasilkan berjenis mutifasa dengan dominan air dan minyak dengan persentase *watercut* 99.5% sehingga peramalan yang ditunjukkan oleh

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

grafik dari *inflow performance relationship* akan cenderung mengalami lengkungan. *Electrical submersible* merupakan pompa yang tersusun oleh komponen sentrifugal *multistage* yang beroprasi bersamaan dengan motor dan protektor dengan tahapan terdiri oleh *implller* dan *diffuser* yang masing-masing menghasilkan tenaga putar dan kinetik agar fluida yang berada pada *reservoir* dapat terdorong mengalir ke *surface facility* sesuai dengan laju alir yang diinginkan.

Dalam mengoptimalkan pengoperasian pompa *ESP* dan laju produksinya, maka perlu dilakukan perhitungan persamaan empiris *centrilift* terhadap *stage* yang digunakan. Pada sumur G menggunakan jenis pompa terpasang 562 dengan *type* pompa HN13000 yang terpasang. Namun denpan pompa HN-13000 dirasa tidak effektif dan jauh dari *range* optimum yang menyentuh 16400. Untuk itu peneliti melakukan analisi terhadap pemilihan *design* pompa yang sesuai guna mendekati *range* optimum agar mendapatkan mendapatkan laju produksi yang optimal.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Ada pun tujuan penulisan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Analisis menggunakan metode *vogel* guna mengetahui *range design* optimum sumur G pada kurva *IPR*.
2. Menentukan perhitungan *design* berdasarkan jenis pemilihan pompa ESP agar dapat memenuhi *rate* produksi hingga pemilihan peralatan *surface* dan *subsurface*.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan dapat memberikan berbagai manfaat di antaranya:

1. Memberikan suatu gambaran atau referensi terhadap mahasiswa dalam penelitian selanjutya terhadap design ESP.
2. Dari hasil penelitian diharapkan memberikan suatu pengetahuan terhadap jenis pompa dengan dengan *size* besar untuk mendapatkan laju atau mendekati laju optimum pada sumur-sumur dengan nilai *watercut* yang tinggi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1.4 BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, maka di dalam penelitian ini dibatasi dengan tidak menghitung segi keekonomian, *pump setting depth* pada beberapa kedalaman, batas *economic limit* dan hanya membahas tentang optimalisasi pemilihan komponen *design ESP* mulai dari *transformer*, *switchboard*, kabel, motor serta jenis dan *type* pompa yang sesuai dengan kebutuhan dari sumur G dari data yang diperoleh.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II

TUJUAN PUSTAKA

Dalam memberdayakan sumberdaya di muka bumi ini, pengetahuan, research dan sains merupakan upaya dan usaha manusia meraih kesuksesan dan memajukan suatu bangsa dan meninggikan derajat manusia sebagai khalifah yang mana ini sangatlah berkaitan dengan ajaran islam yang telah diterapkan dalam Al-quran. Dalam islam Allah berfirman telah memberikan kenikmatan yang ada di bumi di langit serta sumberdaya yang berlimpah. Seperti sumberdaya yang berkonsen pada industri perminyakan ini berupa minyak dan gas merupakan salah satu bukti nyata bahwa kenikmatan tersebut benar adanya dan bukan opini semata. Ini telah di cantumkan dalam Al-qur'an surat Al-Mulk (67) ayat 15 dan surat Al-Jasiyah (45) ayat 12-13.

هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ ذَلُولًا فَٱمْشُوا۟ فِى مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا۟ مِن رِّزْقِهِۦ ۖ وَإِلَيْهِ ٱلنُّشُورُ

Artinya: "Dialah yang menjadikan bumi itu mudah bagi mu, maka berjalanlah disegala penjuurunya dan makanlah sebagian dari rezkinya. Dan hanya kepadanya lah kamu (kembali setelah) dibangkitkan" (Q.S. 67:15)

ٱللَّهُ ٱلَّذِى سَخَّرَ لَكُمُ ٱلْبَحْرَ لِتَجْرِىَ ٱلْفُلْكُ فِيهِ بِأَمْرِهِۦ وَلِتَبْتَغُوا۟ مِن فَضْلِهِۦ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِى ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَمَا فِى ٱلْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَءَايَٰتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: "Allah-lah yang menundukkan lautan untukmu supaya kapal-kapal dapat berlayar padanya dengan seizinnya dan supaya kamu dapat mencari karunianya dan Mudah mudahan kamu bersyukur. Dan dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) dari padanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir (Q.S. 45:12-13)"

Dari makna ayat tersebut menunjukkan bahwa Allah telah menjadikan bumi atau daratan dan lautan ini sebagai tempat penyimpanan sumberdaya migas yang berlimpah, untuk itu manusia diperintahkan agar memanfaatkannya dengan usaha dan upaya dengan melakukan penjelajahan atau eksplorasi disetiap penjuru dan mengangkatnya ke atas permukaan baik secara alami maupun dengan pengetahuan teknologi, sains sehingga dapat diolah dengan ekonomis, namun dalam ayat ini juga dipesankan bahwa untuk mengambil hasil tersebut terdapat resiko tersendiri

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

sehingga manusia dituntut agar lebih bijaksana, waspada dan berhati hati dalam memanfaatkannya.

2.1 PRODUKTIVITAS FORMASI

Menurut (Nur and Ariadji 2010) kualitas *performance* aliran fluida yang berada dalam formasi yang masuk menuju ke lubang sumur dinyatakan sebgaia suatu *index* atau disebut PI sebagai *index* produktivitas yang nantinya secara kuantitatif akan dinyatakan dalam kurfa tau grafik yang menghubungkan antara laju alir dengan tekanan sumur serta bertujuan menghitung potensi kemampuan *reservoir* untuk mengalirkan fluida *reservoir*

2.2 *INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP* (IPR)

Setiap sumur memiliki jenis tenaga pendorong yang berbeda beda secara alami yang bersal dari *reservoir* untuk mendorong fluida menuju ke permukaan. Menurut (Mayendra et al. 2017) beberapa parameter produktivitas formasi yang menghasilkan fluida pada suatu kondisi tekanan tertentu dapat diketahui dengan adanya *Productivity Index, vertical lift performance* dan *inflow performance relationshhip.*

Perantaraan baik laju alir dengan P_{wf} atau penurunan tekanan dasar dari sumur dapat di implikasikan dengan kurva *IPR*. I*nflow performance relationship* menggambarkan suatu evaluasi *reservoir deliverbility* dalam teknik produksi dalam bentuk kurva dengan melihat lengkungan pada kurva yang disebut sebagai *Productivity Index* yang dipengaruhi oleh oleh beberapa hal :

1. Jenis dari *reservoir*
2. Perbandingan pada *gas oil ratio* (*GOR*)
3. Jumlah air *Water Cut*
4. Banyaknya produksi (*cumulative recovery*)

2.3 *PRODUCTIVITY INDEX* (PI)

Productivity index merupakan secara garis besar merupakan banyak *barrel oil* yang dihasilkan perhari oleh setiap beda tekana antara tekanan rata-rata sumur (P_r) dan tekanan yang berasal dari aliran dasar sumu (P_{wf}). Dalam hal lain *index* ini yang memengaruhi formasi untuk berproduksi pada tekanan tertentu sebagai

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

perbandingan antara laju produksi yang dihasilkan formasi produktif pada *drawdown* yang merupakan suatu kondisi tertentu tersebut (Andalucia 2012). Harga *produktivity index* dapat dinyatakan dalam kurva *IPR* berupa garis *linier*. Sedikit fenomena fluida berada dalam kondisi satu fasa namun kebanyakan dalam kondisi dua fasa di mana kodisi P_{wf} berada di bawah tekanan *bubble point*. Kurva yang menggambarkan aliran dua fasa dikembangkan oleh persamaan *vogel* dari persamaan hasil regresi yang simple dalam pemakaiannya dan persamaan ini dibagi menjadi kondisi yaitu di mana pb di bawah tekanan aliran sumur dan tekanan *bubble point* di atas tekanan aliran dasar sumur.

Menurut (Brown, 1984) *Productivity Index* (*PI*) merupakan *index* yang menyatakan bahwa suatu sumur tersebut berpotensi untuk mengalirkan fluida menuju *subsurface* dengan kondisi tekanan yang berubah-ubah atau dalam kondisi tertentu. Secara umum diartikatakan dengan perbandingan dari laju alir produksi sumur terhadap tekanan *pressure draw down* seperti persamaan berikut :

$$PI = J = \frac{q}{(Ps - Pwf)} \quad \text{.....} \quad 1$$

Keterangan:

PI/J = *Productivity Index*, bbl/day/psi

Q = Laju Produksi Aliran sumur, bbl/day

P_s = Tekanan Statis *Reservoir*, Psi

P_{wf} = Tekanan Dasar Sumur saat terdapat Aliran, Psi

Sedikitnya bahkan jarang sekali fluida pada formasi memiliki jenis satu fasa, Namun apabila tekanan dari *reservoir* tersebut memiliki jangkauan yang berada di bawah *range* tekanan dari *bubble point* dari minyak, maka gas akan terlarut dan terbebaskan sehingga fluida tersebut berubah menjadi dua fasa. Dalam hal lain juga artikan dengn harga *PI* yang konstan dapat dilihat dengan penggambaran dari bentuk garis *straight* atau garis lurus, yang menandakan bahwa aliran yang terkandung dalam *reservoir* tersebut memiliki tingkatan *presser reservoir* lebih besar dari *pressure bubble point* sehingga aliran tersebut memiliki aliran 1 fasa (Sugiharto, Pusdiklat Migas).

Kermitz E. Brown (1967) telah mencoba memberikan batasan terhadap besarnya produktivitas sumur, yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1. PI rendah jika kurang dari 0,5
2. PI sedang jika antara 0,5 sampai 1,5
3. PI tinggi jika lebih dari 1,5

di mana :

PI = *index* produktivitas, bfpd/psia

Qf = laju produksi fluida, bfpd

P_s = tekanan *static* sumur, psia

P_{wf} = tekanan alir dasar sumur, psia

Selanjutnya Beggs & Brill membuat klasifikasi kemampuan berproduksi suatu sumur ini berdasarkan nilai *PI* dalam 3 bagian yaitu rendah, sedang dan tinggi. Klasifikasi kemampuan berproduksi berdasarkan nilai *PI* ini adalah sebagaimana yang tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi PI

No	PI (bfpd/psia)	Klasifikasi
1	< 0,5	Rendah
2	0,5 – 1,5	Sedang
3	> 1.5	Tinggi

2.4 KELAKUAN ALIRAN FLUIDA DALAM PIPA DAN *FRICTION LOSS*

Aliran fluida dalam pipa dipengaruhi oleh sifat fisik fluida, *friction loss* serta gradien tekanan fluida. Sub bab ini akan membahas pengaruh tersebut terhadap aliran fluida dalam pipa.

2.5 FRICTION LOSS

Bila fluida mengalir di dalam pipa maka akan mengalami tegangan geser (*shear stress*) pada dinding pipa, sehingga terjadi kehilangan sebagian tenaganya yang sering di sebut dengan *friction loss* (Takacs 2009). Hazen-William membuat suatu persamaan empiris untuk *friction loss*, yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

$$F = 2.083\left[\frac{100}{C}\right]^{1,85}\left[\frac{\left(\frac{Q}{34.3}\right)^{1,85}}{ID^{4,8655}}\right] \quad \text{..... 2}$$

Keterangan :

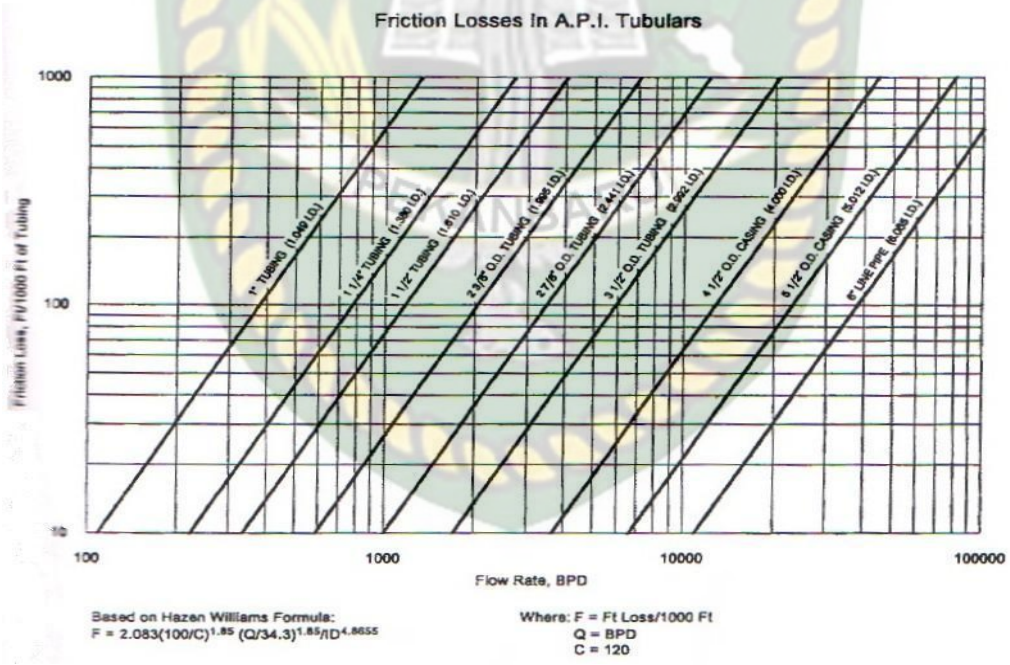
F = *Friction Loss* / 1000 ft

C = konstanta dari bahan yang digunakan dalam pembuatan pipa

Q = laju produksi, BPD

ID = diameter dalam *tubing,* inchi

Tekanan hidrostatik suatu fluida adalah tekanan yang disebabkan oleh suatu kolom fluida pada suatu luasan. Pada suatu kolom fluida, tekanan pada suatu titik adalah sama dengan tekanan pada permukaan fluida ditambah dengan tekanan akibat kolom fluida setinggi titik tersebut dari permukaan. Berdasarkan persamaan tersebut, Hazen-William membuat Grafik *friction loss* seperti yang ditunjukkan dalam.



Gambar 2. 1 *Friction loss hanzen william*

2.6 METODE *VOGEL*

Dalam penggambaran dari perolehan grafik dari *Inflow Performance Relationship* dengan jenis aliran dua fasa pada awalnya diterapkan dan dikekukanan oleh Weller dengan menuruknan persamaan dari *productivity index* (PI) namun dari

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

segi pemecahannya persamaan weller memiliki tingkat yang rumit dan membutuhkan cara komputasi namun *vogel* mengembangkan lagi persamaan tersebut dengan sesederhana mungkin dengan membandingkan metode weller sebelumnya seperti persamaan berikut :

$$\frac{q}{q\,\max} = 1 - 0{,}2\left(\frac{Pwf}{Ps}\right) - 0{,}8\left(\frac{\mathrm{Pwf}}{\mathrm{Ps}}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.. \quad 4$$

Di mana :

q = Produksi minyak, bbl/d

q max = Produksi maksimum minyak, bbl/d

P_{wf} = Tekanan alir dasar sumur, psi

P_s = Tekanan *reservoir*, psi sumur menga

Pada dasarnya area di sekeliling lubang sumur mengalami kerusakan formasi yang di akibatkan dari proses pemboran seperti invasi dari sirkulasi lumpur serta meningkatnya saturasi gas baik air pada area sekeliling dari lubang sumur.

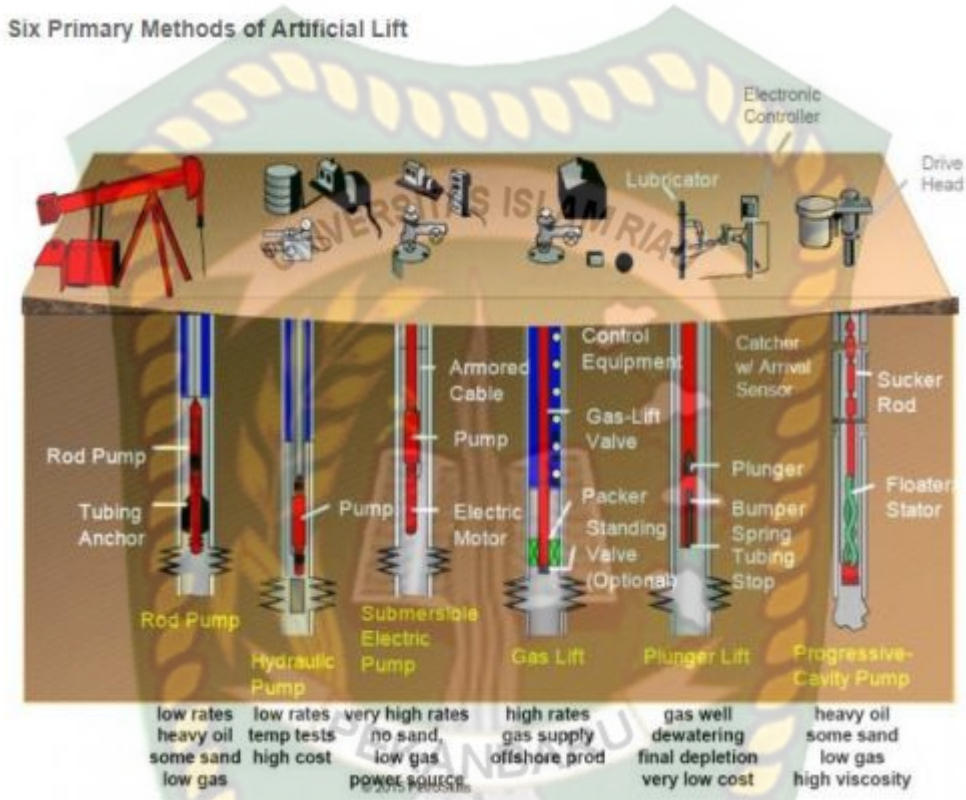
2.7 ARTIFICIALLIFT

Sumur produksi dengan nilai *watercut* yang tinggi secara historis memberikan tantangan baru dalam segi ekonomi produksi. Namun terjadi penurunan tekanan (*decline*) selang waktu tertentu lamanya sehingga memengaruhi tingkat pengangkatan fluida. Apabila penurunan yang dialami *reservoir* cukup besar dan signifikan memungkinkan *reservoir* tersebut tidak dapat memproduksikan minyak ke permukaan dan ketika *reservoir* tidak dapat lagi mengangangkat fluida maka pertimbangan untuk menerapkan *artificialift* perlu diterapkan.

Menurut (Oetomo 2019) Pengangkatan buatan atau *artificiallift* merupakan keadaan suatu sumur tidak dapat berpoduksi secara alami (*natural flow*) dan perlu adanya alat bantu untuk menstabilkan aliran produksi dan bebarapa *artificiallift* ini dominan paling sering digunakan berasal *dari gaslift*, *sucker rod pump*, dan *electrical submersible pump*. *Natural flow* terjadi pada *reservoir* terjadai pada tahapan awal produksi karena tekanan yang dihasilkan masih cukup tinggi untuk mengangkat fluida menuju permukaan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Menurut *survei* yang dilakukan oleh (Kolawole, Gamadi, and Bullard 2019) bahwa pemakaian *artificiallift* diperkirakan berasal dari sumur non konvensional dengan persentase sekitar 40% menggunakan *gaslift*, 36% menggunakan *electrical submersible pump*, 13% menggunakan rod lift, 7% menggunakan *plunger lift* dan 4% dari penggunaan *jet pump*.



Gambar 2. 2 *Schematic of primary six artificial lift methods* (Hullio et al. 2018).

2.8 SEJARAH *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP*

Tidak seperti maraknya jenis pengangkatan buatan seperti *gaslift* dan *suckeroad pump* yang penemuannya tidak dapat dikaitkan dengan siapapaun dan waktu tertentu, *electrical submersible* diciptakan dan dikembangkan oleh seorang berkebangsaan rusia bernama armais arutunoff pada akhir tahun 1910an dan pada awal tahun 1911 arutunoff mulai bisnisnya dengan mendirikan perusahaan bernama *russian electric dynamo* atau yang dikenal dengan *REDA* yang terkenal hingga saaat ini di dunia dan mengembangkan *electrical* motor pertamanya yang dapat ditenggelamkan dalam sumur minyak pada saat pengopersaiannya, sejak berjalan 80 tahun perusahaan yang didirikan masih terpercaya dalam salah satu pemasok utama peralatan *ESP* untuk industri perminyakan dan untuk saat ini dipercaya

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

bahwa sekitar 10% dari pasaokan produksi minyak dunia diproleh dengan instalasi *electrical submersible pump* (Drive 2009). Trobosan dilakukan pada tahun 1950 dengan adanya unit komponen pelindung yang jauh baik terhadap hal kebocoran aliran menuju motor dan terus berkembang pada tahun 1970an dengan penggunaan gas separator yang merupakan solusi terhadap permasalahan produksi gas.

2.9 ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP

Adanya suatu keterbatasan dalam beberapa macam *artificiallift* menjadikan pompa *electrical submersible pump* dipilih dengan *performance* dapat menghasilkan volume fluida produksi dalam skala besar dari kedalaman yang dalam namun umumnya pengaplikasinannya memakan biaya sangat mahal (Margins and Limits 2018). Menurut (Paulo et al. 2019) Sistem dalam pompa *eletrical submersible* merupakan pengangkatan buatan berisikan tingkatan pompa sentrifugal yang digabungkan secara bertingkat dan merupakan *artificiallift* tahap kedua dengan yang banyak gunakan sejak tahun 1972 pada lapangan minyak dan gas. Beberapa faktor dalam memengaruhi beban yang dialami oleh *ESP* meliputi komposisi, karakteristik, fisat fisik fluida, tekanan, suhu dan aliran. Dalam hal ini umumnya komposisi fluida yang menuju *impeller* biasanya terdiri dari hidrokarbon dalam fase cair dan gas maupun air dan sedimen. Selain itu karakteristik, operasional dan aliran multifasa bersamaan dengan prilaku dinamis menghasilkan rezim pemutaran khusus yang di tandai oleh perubahan *regurrel* dan potensi *ossilation* yang kuat sedangkan di bawah tekanan dan pada kondisi suhu tertentu akan mengakibatkan *gas lock* atau gas bebas menuju aliran pompa dengan adanya fluktuasi pada tingkatan pompa.

Pada suatu priode tertentu di mana pompa mulai mengalami penuruna performa dan dalam mengalirkan pengangkatan fluida dari bawah ke atas dengan di tandai oleh *pump curve* pada efisiensi kurang dari 50% namun dalam analisis kurva *IPR* masih terdapat potensi untuk dilakukaan peningkatan atau optimasi dengan laju *actual* (Musnal 2015). Pemilihan jenis dan ukuran *ESP* sangat penting, karena kelebihan dan kekurangan yang tidak sesuai masing-masingnya akan mengakibatkan prematurnya dalam penggunaan peralatan serta terhambatnya peningkatan laju peroduksi yang rendah (Mohammadzaheri et al. 2019). Dalam instalasi pompa dengan menggunakan *system* ganda atau tandem motor juga sama

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

hal nya dengan prinsip menggunakan *single pump* pada dasarnya dan dioperasikan dengan melihat karakteristik dan kedalaman-kedalaman tertentu yang tidak dapat di jangkau oleh *single motor*. Namun pada pompa dengan menggunakan *system* tandem dirancang dengan menambah tingkatan *stage pump* dengan menyesuaikan mengkondisikan kedalaman sumur dengan cara di kopel baik pompa maupun motor secara mekanik dan *electric* dalam satu poros antara *upper* dan *center* motor (Sucipto, Wiwaha, and Ridzki 2018). Menurut penelitian dari (Jayanti, Sudibyo, and Sulustiyanto 2015) dalam pemasangan dilapangan bias menggunakan lebih dari satu pompa, bisa dua atau tiga, pemasangan ini disebut tandem. Alasan pemasangan tandem adalah untuk memenuhi jumlah *stage* pompa dan untuk mendapatkan kapasitas *head* yang dibutuhkan untuk menaikkan fluida sumur ke permukaan. Besarnya *operating vane* pada *impeller* sangat menentukaan kapasitas rata-rata fluida yang diproduksinya.

2.10 KEUNTUNGAN DAN KEKURANGAN PENERAPAN *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP*

Setiap masing-masing jenis pengnangkatan buatan tak luput dari kelebihan dan kekurangannya tersendiri yang menjadikan cirikhas dari jenis *artificialift* tersebut sesuai dengan kebutuhan baik secara kondisi area tertentu dan dari segi ekonomis.

Keuntungan menggunakan *electrical submersible pump*

1. Cocok digunakan pada sumur dengan rentang sedang dan dalam dengan volume produksi yang tinggi dengan tingkat maksimum sekitar 30000 *barel* perhari per 1000ft
2. Effisiensi energi relatif tinggi sekitar 50% untuk sistem yang menghasilkan lebih dari 1000 bfpd.
3. Dapat di gunakan pada sumur tanpa adanya masalah
4. Minimnya perawatan apabila pemasangan di rancang dan di operasikan dengan benar.
5. Dapat diguanakan pada lokasi dekat dengan perkotaan karena menggunakan *space* yang tidak begitu besar.
6. Bisa digunakan pada *offshore* dengan *space* yang minim.
7. Perawatan seperti korosi dan *scale* lebih mudah untuk dilakukan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Kekurangan menggunakan *electrical submersible pump*

1. ketersediaan sumber dari tenaga listrik relatif harus menggunakan *volt*ase yang besar.
2. penginstalan sistem *ESP* harus tepat dan apabila tidak sesuai akan dilakukan proses *work over* dalam penggantian unit yang baru dan memakan biaya tambahan.
3. hadirnya *free gas* pada komponen *ESP* dapat memengaruhi efesiensi produksi dan biasanya menggunakan gas separator untuk menghendel *free gase* dengan toleransi 5% gas yang terkandung di dalam komponen *eletrical submersible pump*.
4. kepasiran atau material abrasi di dalam sumur dapat membuat peralatan cepat terjadinya kehausan.
5. perbaikan komponen *ESP* pada lapangan minyak sangat sulit karna harus dilakukan *uninstall* serta mengangkat peralatan dan dikirim ke pabrikan.
6. Temperatur sumur merupakan faktor hambatan karena standar peralatan yang digunakan dilakukan pada temperatur 205F lebih dari itu harus menggunakan peralatan khusus dengan batas maksimum temperatur tidak lebih dari 400F.
7. produksi minyak dengan *viscositas* yang tinggi akan meningkatkan suplai tenaga dan menguragi daya angkat.
8. Memerlukan biaya yang besar dalam proses *running* dan pengangkatan karena kebutuhan dari penggunaan rig *workover* yang berat. Penerapan *cabel* atau *coil tubing* kerap digunakan unit *ESP* untuk mengurangi *cost* dari *workover*.

2.11 PERALATAN ATAS PERMUKAAN

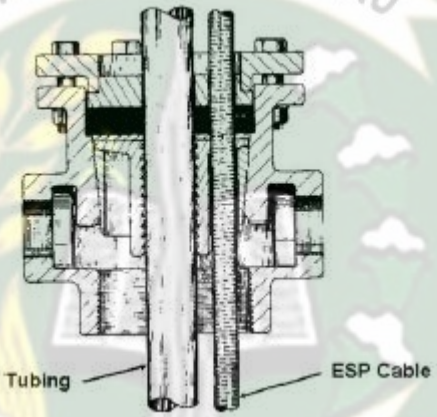
Instalasi dari *submersible pump* dari atas permukaan meliputi hal-hal berikut sebagai sarana pendukung dalam perancangan meliputi hal seperti *well head, junction box, switchboard* dan *transformer*.

2.9.1 Well Head

Untuk instalasi unit *ESP, wellhead* digunakan sebagai penghubung antara peralatan bawah permukaan dan peralatan atas permukaan dan juga sebagai sarana mempertahankan kontrol *annular*. Secara umum *wellhead* tersusun dari bagian-

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

bagian peralatan yang dipasang sumur guna mengatur dan memantau ekstrasi hidrokarbon dari bawah permukaan dan mencegah kebocoran baik minyak ataupun gas serta menahan tekanan dari formasi yang meiliki tenakan tinggi (Havard 2006). Penggunaan *wellhead* di*design* untuk dapat menahan tekanan mulai dari 500 psi hingga 3000 psi dengan dilengkapi *tubing hanger* dengan beberapa lubang khusus seperti lubang *hidraulic* dan *cable packoff* atau *penetrator* dengan memiliki ketahanan tekanan hingga 3000 psi. Dengan fungsi untuk lubang *hidraulic* sebagai *control line* pada saluran *hidraulic* agar menekan *subsurface ball vall* untuk terbuka.



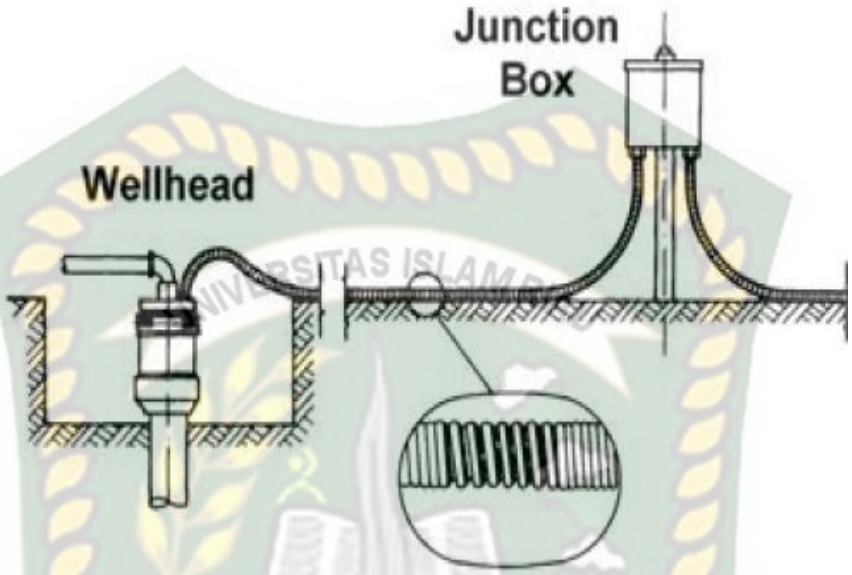
Gambar 2. 3 *Wellhead* (Gabor 2018)

2.9.2 Juction Box

Kabel daya yang berasal dari sumur harus dihubungkan ke kabel listrik permukaan yang menuju ke *switchboard*. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, kedua kabel bergabung dalam kotak persimpangan, juga disebut "kotak ventilasi." Ini adalah kotak berventilasi dan tahan cuaca yang melakukan tiga fungsi penting berikut *Junction box* berposisikan antara *wellhead* dan *switchboard* sebagai faktor *safty* atau keselamatan. Penerapan ini digunakan untuk mengatasi gas yang mengalir atau merambat melalui *cable* dari bawah permukaan menuju atas permukaan hingga *switchboard*. Apabila hal ini tidak di atasi dapat menyebabkan terjadinya ledakan dan kebakaran peralatan. Adanya *juction box* antara *wellhead* dan *switchboard* dengan jarak aman sekitar minimum 15ft dan 2 hingga 3 ft di atas

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

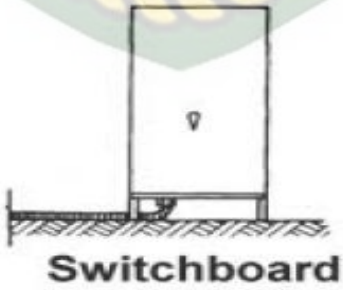
permukaan agar dapat melepaskan gas ke atmosfir oleh rambatan *cabel* yang di aliri gas dari *subsurface.*



Gambar 2. 4 *Junction Box* (Gabor 2018)

2.9.3 *Switchboard*

Switchboard merupakan alat kontrol panel kerja saat pompa beroprasi dapat menggunakan tegangan mulai dari 400 *volt* hingga 4800 *volt* dan *switchboard* terdiri dari *recording instrument* sebagai alat pencatat baik secara automatis maupun manual saat terjadi keadaaan menyimpang atau masalah pompa di bawah permukaan, *motor controller, underload protection* dan *overload.*



Gambar 2. 5 *Switchboard (Gabor 2018)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.9.4 Transformer

Transformer adalah peralatan atas permukaan *ESP* yang dapat mengontor dan megubah tegangan listrik menjadi tinggi ataupun menjadi rendah. *Transformer* ini terdiri dari *core* atau inti yang sekelilingnya dikelilingi oleh lilitan *coil* kawat tembaga dan keduanya direndam dalam minyak trafo yang bertujuan sebagai isolasi dan pendingin. Banyak atau sedikitnya lilitan kawat akan memengaruhi perubahan tegangan sehingga rating kerja dalam *transformer* disebut sebagai KVA. Namun input tegangan dari *transformer* sengaja dialirkan tinggi untuk mendapatkan nilai *Amper* yang rendah pada saat transmisi dan tidak membutuhkan penggunaan kabel penghantar yang besar, tegangan dapat diturunkan sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh motor dengan bantuan *step down transformer*.

2.12 PERALATAN BAWAH PERMUKAAN

Peralatan bawah permukaan dalam instalasi *submersible pump* terdiri dari beberapa komponen penting seperti *motor, Protector, gas separator* dan *pump* yang disusun dengan satu rangkaian di dalam sumur.

2.10.1 Motor ESP

Komponen motor *ESP* merupakan tipe motor dengan induksi tiga fasa yang berisikan kandungan minyak sebagai pelumas dan pendingin (Pamungkas 2004). Pendinginan juga bisa menggunakan fluida dari sumur saat mengalir menuju permukaan sehingga pemasangan unit pompa di*setting* di atas zona produksi. Motor *electrical submersible* ini merupakan motor induksi oleh sumber aliran tengangan pada *stator* sehingga menghasilkan *fluks* magnetik yang mengginduksikan ke *rotor*, pada induksi magnetik akan menghasilkan medan putaran dengan kecepatan yang singkron. Bagaian utama motor *electrical submersible* ini memiliki ruang udara antara *rotor* dan *stator* yang dapat menghasilkan yang sama seperti motor induksi dengan slip sekitar 100 Rpm dan perputaran *rotor* menghasilkan gaya yang dikenal sebagai torak. (Nataliana, Taryana, and Akbar 2018).

Menururt (Pradana, Agung Nuraeni Siti Sulistyanto 2015) pada dasarnya motor *electrical submersible* terdiri dari bebrapa buah *rotor* yang disusun seri pada satu poros, menggerakkan peralatan dengan cara memutar *Impeller* dari rangkaian pompa, setiap motor bergerak dengan tegangan dan arus yang berbeda beda mulai dari 250 *volt* hingga 2000 *volt* dengan arus 12 *Ampere* hingga 200 *Ampere*. Dan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

untuk mengatur teperatur pendinginan motor dilakukan dengan pelumas atau *oil motor* dan kerap di tempatkan atas perforasi untuk mendapatkan pendinginan yang cukup oleh bantuian aliran fluida dari *reservoir* dan bahkan penempatan juga bisa dilakukan di bawah perforasi namun memerlukan penambahan rangkaian peralatan untuk mengarahkan fluida melewati sumur dan dengan sekeliling motor dipasang *shourd.*

Tujuannya agar motor mendapatkan pendinginan yang cukup dan untuk melumasi *bearing* pada motor induksi serta sebagai penghantar panas dan bersifat *electric* atau penyekat listrik. akibat yang ditimbulkan oleh komponen motor, panas dari badan motor akan didinginkan oleh aliran fluida yang mengalir sepanjang dinding motor hingga *pumpa intake*. *Shourd* ini berfungsi untuk meminimalisir ruang antara motor dan *casing well* sehingga kecepatan aliran fluida meningkat dan pendinginan pada area sekitar motor saat pengoprasian. Setiap panjang *rotor* dipengaruhi oleh keperluan desain *house power* sehingga frekuensi putaran konstan juga berbeda mulai dari frekuensi 50 HZ dengan kecepatan ptaran 2900 RPM sedangkan frekuensi 60 HZ dengan kecepatan 3500 RPM.

2.10.2 Protector

Protector merupakan peralatan *electrical submersible pump* yang berada di antara motor dan gas separator dan berfungsi untuk mencegah terjadinya fluida *reservoir* masuk menuju motor dan memberikan rongga atau ruang pemuaian serta penyusutan oleh *oil* motor pada saat pompa di jalankan maupun dan dimatikan , menghubungkan *pump housing* dengan *motor housing* dengan poros penggerak motor ke poros pompa serta sebagai tempat menahannya daya tolak dengan menyekat motor listrik dari masukknya fluida *reservoir* (Pradana, Agung Nuraeni Siti Sulistyanto 2015)

2.10.3 Gas Separator

Pump intake atau gas separator merupakan bagian dari *electrical submersible pump* yang terletak di antara pompa dan bagian *Protector* dengan *unit section* sebagai ruang masuknya fluida *reservoir* ke arah pompa oleh adanya perubahan penurunan tekanan saat proses pemisahan fasa gas terhadap cairan di sektor *intake.* Yang mana sebagian gas yang terbebaskan akan merambat ke atas melalui anulus dan sedangkan cairan akan mengalir melalui *tubing* menuju atas

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

permukaan. fungsi gas separator bertujuan untuk memisahkan fluida seprti gas yang tercampur oleh cairan sehingga hanya *liquid* atau cairan yang masuk kedalam pompa selain itu gas separator ini biasanya digunakan pada sumur sumur yang memiliki kandungan gas. Namun gas yang dapat ditoleransi untuk dapat di pisahkan dalam gas separator ini hanya sekitaran 10 hingga 20% dan apabila gas yang masuk dalam kapasitas melebihi *range* toleransi makan gas ankan terperangkap dan akan mengakibatkan fluida terhambat untuk diproduksikan yang disebut sebagai *gaslock* (Pradana, Agung Nuraeni Siti Sulistyanto 2015).

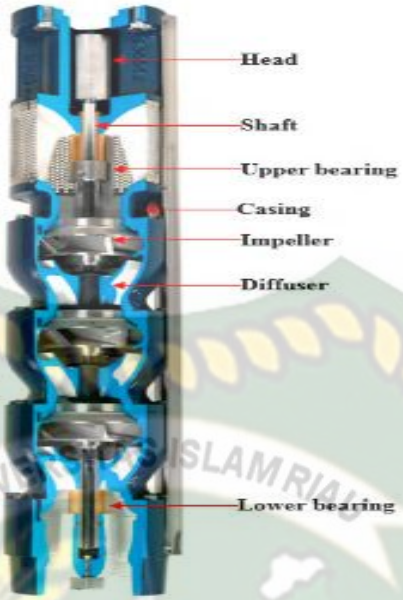
2.10.4 Pompa

Pompa merupakan bagian utama dalam *electrical submersible pump* yang dapat paling atas pada peralatan bawah permukaan dan terdiri dari *stage* tingkatan yang berisikan *Impeller* dan *diffuser* dengan setiap *stage* dihubungkan dengan *shaft* yang mana dari sepasang komponen tersebut memiliki fungsi masing-masing, seperti *Impeller* yang merupakan bagian yang berputar untuk memberikan gaya dorong tambahan saat fluida masuk sedangkan untuk *diffuser* merupakan bagian yang diam atau statis dari rangkaian pompa ini berfungsi untuk mengarahkan dorongan aliran fluida dari *Impeller* menuju atas atau *stage* berikutnya melalui *tubing* hingga ke *subsurface*. Banyaknya *Impeller* dan *diffuser* dan tingkatannya akan berpengaruh terhadap *head* dan *house power* yang dibutuhkan pompa untuk mengangkat fluida pada saat proses pengangkatan, memengaruhi tekanan *intake* pada pompa serta besarnya volume produksi yang dihasilkan (Pradana, Agung Nuraeni Siti Sulistyanto 2015).

2.13 CARA KERJA *ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP*

Electrical submersible pump merupakan salah satu pengangkatan buatan atau jenis *artificiallift* yang mengangkat fluida ke atas permukaan dengan menggunakan prinsip sentrifugal pompa listrik yang di benamkan di bawah sumur dengan komponen yang susunan *implller* dan *diffuser*. (Sari, Soepryanto, and Burhanuddin 2016). Yang mana *diffuser* dan *Impeller* memiliki fungsi masing masing seperti *Impeller* bertujuan untuk memindahkan fluida dari setiap *stage* dan sedangkan *diffuser* merupakan bagian yang tidak berputar dan berguna meneruskan fluida ke *stage* berikutmya.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2. 6 Komponen utama *ESP* (Zhu and Zhang 2018)

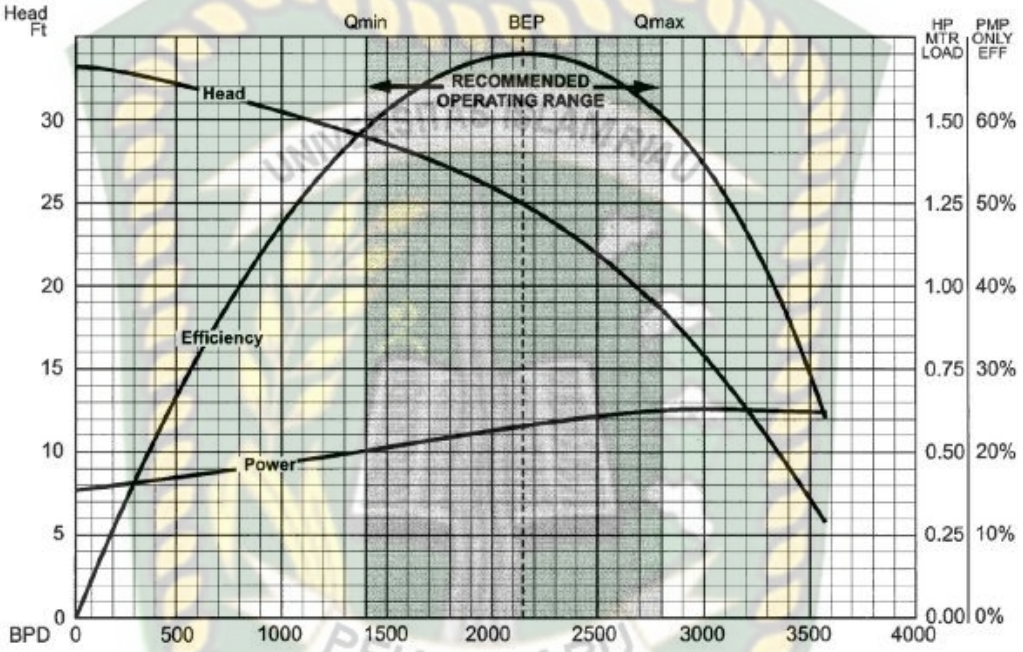
Sistem kerja dari *artificiallift* submersible *pump* dimulai dengan mensuplai energi listrik oleh *transformer* yang nantinya akan dikontrol dengan *step down* sesuai kebutuhan kapasitas yang dibutuhkan oleh pompa menuju *switchboard*. Dari *switchboard* semua pergerakan pompa, kabel akan dimonitoring dan dikontrol. Aliran dari *switchboard* selanjutnya di teruskan ke *cable* yang terkait disepanjang *tubing* menuju motor. Energi tersebut akan dikonversikan menjadi energi putar yang akan diteruskan ke protektor dan pompa yang dihubungkan oleh *shaft* dan antara *shaft* dihubungkan oleh *coupling*. *shaft* berputar seiring dengan berputarnya *Impeller* untuk mendorong fluida dan *diffuser* yang diam untuk mengarahkan putaran aliarn fluida yang masuk melalui *pump intake* atau gas separator, fluida akan terus menerus terdorong dan mengisi *tubing* hingga bergerak menuju ke permukaan hingga ke *gathring station*.

2.14 PUMP CURVE

Pump performance curve merupakan kurva yang menunjukkan *performance* dari *electrical submersible pump* dengan menunjukkan sebuah gambaran yang hubungan mulai dari *rate capacity, head capacity, horse power* serta efesiensi dari *pump* yang digunakan yang berkaitan dengan jumlah atau kapasitas laju alir dan volume (Andalucia 2012).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pada dasarnya *pump* curve dipresentasikan oleh brown dengan terbagi menjadi beberapa bagian atau kelompok yang telah diatur sesuai dengan *size* pompa minimum yang digunakan. Dari kurva kinerja pompa *electrical submersible* dapat dilihat beberapa data meliputi efisiensi pada kapasitas pompa yang mengacu pada banyaknya volume laju fluida yang diproduksi, *house power* dan *head* yang dapat dilihat dari gambar di bawah.



Gambar 2. 7 *Pump Curve* (Takacs 2018)

2.15 PERKIRAAAN *PUMP SETTING DEPTH*

Penempatan dari *pump setting depth* merupakan suatu landasan umum guna menentukan titik *setting* penempatan kedalaman dari pompa yang mengharuskan pompa untuk menyentuh dan tenggelam pada fluida lubang sumur. Dalam memperhitungkan perkiraan dari *pump setting depth* perlu memperhatikan parameter yang dibutuhkan dengan menggunakan analisis dari *sonolog*, namun apabila sumur tidak menggunkan *packer* maka dapat dilakukan dengan *wireline.* Parameter yang perlu diketahui meliputi *satic* dan *dynamic* atau *WFL* dan *SFL* yang mana *walking fluid level* merupakan kondisi batas di mana fluida dalam aliran bergerak dan sebaliknya diam untuk *static fluid level* dalam sumur.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.16 HEAD FEET PERSTAGE

ESP menunjukkan hubungan antara *head capacity, pump efficiency* dan *brake horse power* dengan kapasitas produksi. *Pump performance curve* akan berbeda-beda untuk setiap diameter *impeller*. Sumbu mendatar pada *performance curve* adalah produksi pompa dalam BFPD. Kemudian masukkan angka produksi yang diperoleh / diharapkan pada sumbu mendatar tersebut dan tarik garis lurus *vertical* dari titik tersebut sehingga memotong kurva *head feet*. Dari titik perpotongan horizontal memotong sumbu *head-feet* dan baca besarnya *head-feet/stage*. (Sujanmo, 1995)

2.17 BRAKE HORSE POWER PERSTAGE

Brake horse power per-stage merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menaikkan cairan setinggi H (ft), di mana kerugian tenaga sudah diperhitungkan. Cara untuk mendapatkan *HP/stage* hampir sama dengan cara mendapatkan harga *head-stage*, tetapi digunakan sumbu *vertical* disebelah kanan yang bertuliskan *HP motor load*. (Sujanmo, 1995)

2.18 EFFISIENSI POMPA

Effisiensi ini sebenarnya adalah gabungan antara *hydraulic, volumetric* dan mekanis. *ESP* didesain agar bekerja pada daerah dekat dengan effisiensi maksimal untuk mengurangi kerusakan *bearing* pompa akibat *up/down thrust* yang mana *upthrust* lebih merusak daripada *downthrust* karena luas *washer* di atas lebih kecil dari bawah. Walaupun demikian dalam desain pompa harus diusahakan agar bekerja pada dekat maksimum effisiensi agar pompa tahan lama. Harga effisiensi maksimum ini biasanya sekitar 55%-75% (Jayanti, Sudibyo, and Sulustiyanto 2015).

2.19 PENENTUAN JENIS CABLE

Pemilihan kabel yang sesuai tergantung pada *factor* penurunan tegangan, arus listrik dan *space* yang tersedia antara *tubing, collar* dan *casing* sehingga perlu pertimbangan dengan melihat kurva penurunan tegangan kabel. Rekomendasi pemilihan jenis kabel akan memberikan penurunan tegangan sesuai dengan amper

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

motor dan temperature downhole 30 *volt* per 100ft untuk pengoprasian motor (Centrilift 2007). Total panjang kabel keseluruhan harus mencapai 100ft atau 30 meter dari panjang dari rangkaian pompa sesuai kedalaman yang di ukur dengan tujuan untuk memberikan jarak aman dari *wellhead* agar tidak terjadinya kemungkinan adanya aliran atau tegangan rendah. Adapun jenis kabel yang sering digunakan dalam pompa esp terdapat 2 jenis yaitu jenis *round cable* dan *flate cable.*

2.20 STATE OF THE ART

Dalam hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhani et al. 2018) dalam upaya otimasi laju produksi pada sumur A-28 yang telah dievaluasi yang mana produksi awal dari sumur tersebkisar sebesar 2.191 bfpd. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan 2 metode yang berbeda didapatkan hasil yang cukup signifikan dengan hasil sebesar 2150 bfpd perolehan menggunakan *vogel* dan 2350 bfpd pada perolehan *wiggins*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Oetomo 2019) dalam optimasi dengan memodifikasi pengangkatan menggunakan *gaslift* yang diubah dengan penggunaan esp sehingga Qtarget meningkat 40% dari laju Qtarget *maximum* sehingga kenaikan produksi total awal mulanya 1020 bfpd meningkat menjadi 1208 bfpd.

Penelitian dari (Wahono, Komar, and Suwardi 2015) pada evaluasi pompa esp terpasang terhadap optimasi produksi yang menggunakan pompa jenis esp dengan jenis tenaga pendorong *water drive* pada sumur X110 dan menggunakan metode *vogel* yang telah di analisis dengan produksi maksimum 1227 bfpd dengan ESP TD 850 dengan 140 *stage* berfrekuensi 60 hz. Namun setelah dilakukan evaluasi menggunakan metode *vogel* perlu dilakukan penggatian pompa yang lebih beasar untuk mendapatkan nilai produksi optimum dengan tipe IND 1300 dengan 147 *stages* dengan frekuensi 60 hz.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sucipto, Wiwaha, and Ridzki 2018) terhadap instalasi ESP system tandem yang mana dalam mengaplikasian esp dapat dikombinasikan baik itu menggunakan 2 pompa bersamaan ataupun menggunakan 2 motor dalam satu rangkaian dengan menambah jumlah *stages* sesuai kedalaman yang dibutuhkan dengan cara dikopel secara mekanik ataupun elektrik pada satu poros antara upper motor dan center motor.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Penelitian yang dilakukan oleh (Sari, Soepryanto, and Burhanuddin 2016) pada proses *redesign electrical submersible pump*. Analisis monitoring yang dilakukan pada sumur A dalam kurun perhari memproduksi bfpd mulai dari 532 ke 2339 bfpd dengan pompa terpasang D-475N/106. Dari hasil perhitungan perlu dilakukan *redesign* pompa menjadi DN2150 dengan 81 *stages*. Perbandingan terjadi terletak pada diameter dari *impeller* yang bekerja mengangkat fluida 20 hingga 30 kali dari sebelumnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kolawole, Gamadi, and Bullard 2019) aplikasi sistem Artificial Lift (AL) pada sumur horizontal non-konvensional. Sebanyak tiga puluh tiga (33) studi kasus dari berbagai bidang di seluruh dunia digabungkan. Total peningkatan produksi cairan yang dioptimalkan berkisar antara 10% hingga 185% dari produksi cairan sebelumnya sebelum pemasangan AL. Sementara sebagian besar proyek lapangan telah membuahkan hasil yang sukses.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Adapun data skunder yang diperoleh dalam melakukan *redesign* ini meliputi data skunder yang referensi dari bebrbagai teori dan jurnal dalam peroses perhitungan mendesign pompa pada sumur g dengan tahapan di bawah ini menurut (Brown 1984)

3.1.1 METODE *VOGEL*

Dalam penggambaran dari perolehan grafik dari *Inflow Performance Relationship* dengan jenis aliran dua fasa pada awalnya diterapkan dan dikekukanan oleh Weller dengan menuruknan persamaan dari *productivity index* (PI) pada *reservoir*.

1. Laju alir maksimum
   Merupakan laju produksi fluida total yang terkandung dalam suatu sumur

$$\frac{q}{q\ Max} = 1 - 0.2\left(\frac{Pwf}{Ps}\right) - 0{,}8\left(\frac{Pwf}{Ps}\right)^2 \quad \text{.....} \quad 3$$

2. Laju Produksi Optimum

$$\text{Laju Produksi Optimum} = 80\% \text{ x } Qmax \quad \text{.....} \quad 2$$

Laju produksi optimal dihasilkan oleh pencapaian perhitungan secara matematis dengan merekomendasikan 80% dari jumlah laju alir maksimum yang bertujuan sebagai target yang akan dicapai agar mendapatkan *income* yang diharapkan (Ramadhani et al. 2018).

3. Spesifik fluida campuran
   Spesificcampuran fluida terdapat dalam sumur

$$S_{gmix} = S_{Water}\ x\frac{Wc}{100} + S_{oil}\ x\ \left(1 - \frac{Wc}{100}\right) \quad \text{.....} \quad 4$$

4. *Gradient Fluida*

$$G_f = 0.433\ x\ Sgmix \quad \text{.....} \quad 5$$

5. *Pump setting depth*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pemasangan letak pompa yang akan di pasang pada target sumur dengan rekomendasi 100 hingga 500 *ft* di atas *zona perforasi*.

$$PSD = Top\ perforation - Recomendation \quad \text{6}$$

6. Pump Intake Pressure

Merupakan tekanan fluida yang masuk dari zona perforasi menuju *pump intake*

a. Beda Tekanan

$$\text{Beda tekanan} = \text{Mid Perforation} - \text{PSD} \quad \text{7}$$

b. Beda Tekanan

$$Beda\ Tekanan = Beda\ Tekanan\ x\ Gf \quad \text{8}$$

c. Pip

$$Pump\ Intake\ Pressure = Pwf - Beda\ Tekanan \quad \text{9}$$

Menurut (Brown 1984) prosedur perencanaan atau disain suatu unit *Electrci Submersible Pump* dengan melakukan perhitunan :

7. Fluid Over Pump

Ketinggian fluida di atas Pompa yang dilihat dari batas fluida yang ada di dalam sumur.

$$FOP = \frac{PIP}{Gf} \quad \text{10}$$

8. Vertical Lift (Hd)

yang menenadakan jarak yang dibutuhkan untuk *dynamic fluid level* mencapai ke permukaan

$$H_{d=PSD-FOP} \quad \text{11}$$

9. Head Friction (Hf)

Dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak *power* yang hilang disepanjang area *tubing* antara pompa sampai menuju ke permukaan akibat adanya gesekan atau friksi aliran di dalam *tubing*.

$$H_{F=F-PSD} \quad \text{12}$$

10. Well Head Tubing Head (Ht)

Tekanan yang dihasilkan dari *tubing* pada saat terjadi pengangkatan buatan.

$$H_t = \frac{Pwh}{Gradient\ f} \quad \text{13}$$

11. Todal Dynamic Head

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Total ketinggiaan (*head*) yang dibutuhkan untuk mengangkat fluida dengan laju produksi yang diinginkan sampai ke permukaan saat pompa mengangkat fluida dari satu tingkat ke tingkat lainnya.

$$TDH = H_d + H_t + H_f \quad \text{..... 14}$$

12. Stage Pump

Kumpulan *impeller* dan *difusser* yang berada dalam 1 set pada rangkaian dalam pompa guna untuk memeberikan dorongan tenaga yang tergantung dari banyak sedikitnya tingkatan.

$$Stage = \frac{Total\ Dynamic\ Head}{Head\ Pump/Stage} \quad \text{..... 15}$$

13. Horse Power (Hp)

Merupakan jumlah daya yang dibutuhkan untuk menjalankan pompa

$$Hp = \frac{Hp}{Stage} * Stage \quad \text{..... 16}$$

14. Leght Cable

Panjang kabel yang dibutuhkan dari atas permukaan hingga bawah permukaan agar memberikan *space* atau ruang kabel yang menghubungkan peralatan atas dan permukaan.

$$L = Pump\ Setting\ Depth + 100\ ft \quad \text{..... 17}$$

15. Voltage Drop

Pilih kabel *power* dan drop tegangan kabel berdasarkan arus tegangan direkomendasikan di bawah 30 amper agar mendapatkan penururnan tegangan setiap 1000ft (Centrilift 2007).

$$= L\ x\ \frac{VoltageDrop}{1000} \quad \text{..... 18}$$

16. Pemilihan *Switchboard*

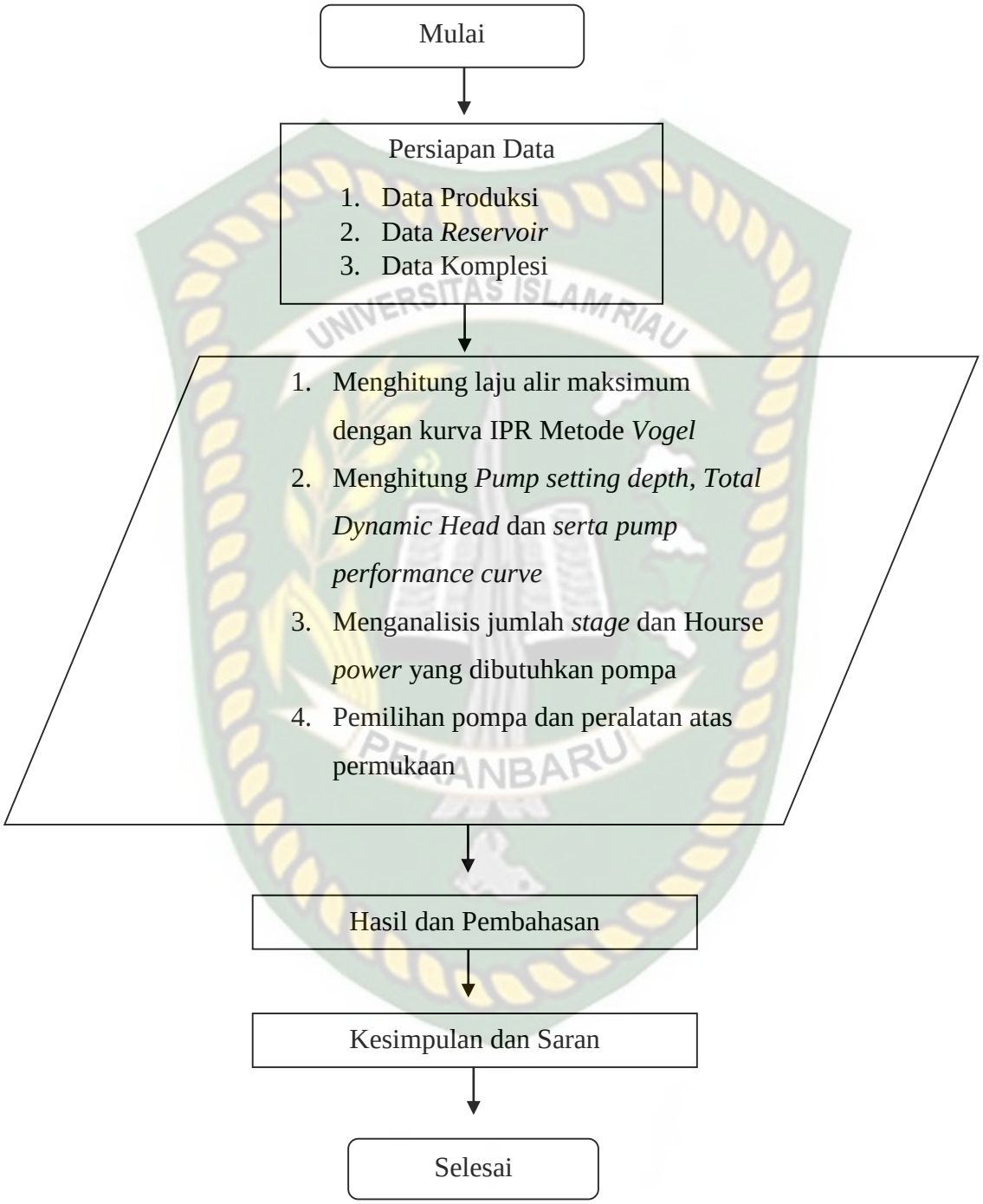
$$V_{total} = V_{motor} + \Delta V_{kabel} \quad \text{..... 19}$$

17. Size pada *Transfomer*

$$KVA = \frac{1{,}73\ \text{X}\ V_{total}\ \text{X}\ Ampere_{motor}}{1000} \quad \text{..... 20}$$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2 FLOWCHART



Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3 JENIS PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi lapangan atau *case study*. Dimana data yang digunakan untuk penelitian berupa data sekunder yang didapat dari perusahaan tempat pelaksanaan Tugas Akhir.

3.4 DATA SUMUR G LAPANGAN PS

Dibawah ini merupakan data sumur G lapangan PS yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3. 1 Data *Well* Komplesi Sumur G

DATA KOMPLESI	Sumur G	Satuan
Tubing OD	3.500	Inch
Tubing ID	3.068	Inch
Casing OD	7	Inch
Casing ID	6.366	Inch
Mid Perfo	2674	Ft

Tabel 3. 2 Data Produksi dan Pvt Sumur G

	DATA PRODUKSI	Sumur G	Satuan
1	Laju produksi fluida	8982	Bfpd
2	Laju produksi minyak	45	Bopd
3	*Static Fluid Level*	1612	ft
4	*Dynamic Fluid Level*	1876	ft
5	Laju Produksi Optimum	18113	Bfpd
6	*Water Cut*	99.5	%
7	Laju Alir Maksimum	22528	bfpd
8	P_r	464	Psia
9	P_{wf}	349	Psia
10	P_{wh}	120	Psia
11	API	3.4	
12	SG_o	0.86	
13	SG_w	1.01	

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.5 TEMPAT PENELITIAN

Tempat penelitian dan data yang digunakan berasal dari salah satu perusahaan yang berlokasi di Papua Barat. Penelitian ini akan dilakukan selama 1 bulan yang dimulai dari bulan Januari 2021 hingga Februari 2021.

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

Jenis kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan)						
	Januari 2021	Februari 2021	Maret 2021	April 2021	Mei 2021	Juni 2021	Juli 2021
Studi Literatur							
Pengumpulan data dan riset lapangan							
Seminar Hasil							
Hasil dan pembahasan							

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 DATA PRODUKSI SUMUR G

Analisis perencanaan pemasangan *Electricle Submersible Pump* (*ESP*) pada sumur G dilakukan dengan cara mengetahui kemampuan berproduksi sumur, dengan mengkaji secara teknis serta pemilihan pompa secara ekonomis. Tujuan dilakukannya metode di atas adalah untuk mengetahui perbandingan produksi sumur di antara pompa *Electrical submersible pump* (*ESP*) dengan pemanfaatan gaya sentrifugal agar memperoleh laju produksi optimal sesuai dengan produktivitas formasi yang di memiliki sumur G tersebut.

Sebelum dilakukan perancangan penelitian, diperlukan kelengkapan data-data pendukung yang berkaitan dengan perancangan instalasi pompa seperti data prooduksi, komplesi, fluida, dan data pendukung atau penunjang lainnya. Berdasarkan data-data sumur G apada lapangan PS ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Produksi dan Pvt Sumur G

	DATA PRODUKSI	Sumur G	Satuan
1	Laju produksi fluida	8982	Bfpd
2	Laju produksi minyak	45	Bopd
3	*Static Fluid Level*	1612	ft
4	*Dynamic Fluid Level*	1876	ft
5	Laju Produksi Optimum	18113	Bfpd
6	*Water Cut*	99.5	%
7	Laju Alir Maksimum	22528	bfpd
8	P_r	464	Psia
9	P_{wf}	349	Psia
10	P_{wh}	120	Psia
11	API	3.4	
12	SG_o	0.86	

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

13	SG_w	1.01	

Dari data observasi di atas diindikasikan bahwa sumur G memiliki laju produksi air yang besar mengakibatkan penurunan produksi minyak seiring dengan pergantian waktu dan ini menunjukkan bahwa kemampuan berproduksi pada sumur G terbilang besar dengan kandungan *watercut* sebesar 99.5% dengan kandungan minyak yang dihhasilkan memiliki nilai SG_{oil} dan *water* sebesar 0.86 dan 1.01 serta nilai Api sebesar 34.3^o yang menandakan bahwa minyak yang terkandung berjenis *intermediet* atau jenis minyak sedang.

Tabel 4. 2 Data *Well* Komplesi Sumur G

DATA KOMPLESI	Sumur G	Satuan
Tubing OD	3.500	Inch
Tubing ID	3.068	Inch
Casing OD	7	Inch
Casing ID	6.366	Inch
Mid Perfo	2674	Ft

Dari hasil laju produksi yang dihasilkan pada sumur G maka pemilihan *tubing* yang sesuai dengan dengan standar API dengan laju alir total sebesar 8923 bfpd dan laju alir minyak sebesar 45 bopd. aka Sumur G memiliki *size casing* dengan ukuran *size* 7 *inch* pada *outside* diameter dan 6.366 pada *inside* diameter lalu dengan ukuran *size tubing* dengan *outside* dan daiameter memiliki *size* 3.500 (OD) *inch* dan 3.068 (ID) *inch*.

4.2 HASIL PERHITUNGAN LAJU ALIR PADA KURVA *IPR* SUMUR G

Untuk mengetahui kelakuan kemampuan sumur dalam berproduksi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan kurva *IPR* dengan menggunakan metode *Vogel* untuk aliran multifasa. Pemilihan metode *vogel* berdasarkan jenis fluida berupa minyak dan air dikarenakan nilai *watercut* yang tinggi sekitar 99.5%. berasarkan hasil dari analisis (P_{wf} vs Q) atau pengaruh kenaikan antara tekanan $_{aliran}$ dasar sumur dengan penurunan laju produksi dapat dilihat pada table 4.1 dan lampiran 1.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4. 3 asil Perhitungan Laju Alir Sumur G

PWF	Q
464	0
400	5253
350	8878
300	12093
250	14877
200	17238
150	19202
100	20723
50	21844
0	22528

Berdasarkan kurva *IPR* yang telah dibuat maka dapat ditentukan dapat laju alir produksi yang diinginkan. hasil plot dari tekanan dasar sumur dan laju alir yang diprooduksi menunjukkan grafik *linier* pada saat awal dan mengalami kelengkungan saat tekanan mencapai titik P_b, hal ini terjadi karena sumur G memiliki gas terlarut sehingga ketika mencapai titik P_b yang kecil sehingga kelarutan gas tersebut dapat diabaikan. Pada kelengkungan tersebut menunjukkan bahwa laju produksi maksimum (Q*max*) pada sumur G sebesar 22528 bfpd pada tekanan aliran dasar 0 psia.



Gambar 4. 1 Grafik IPR Sumur G

Dari data yang diperoleh oleh *eccometer* sumur G menghasilkan batas *statistic fluid level* serta *working fluid level* berada pada area 1612ft dan 1875 ft dengan laju alir

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

optimal yang diinginkan sebesar 18113 bfpd. Yang mana pada laju alir optimum merupakan hasil 80% dari laju produksi maksimal dari perolehan persamaan empiris *centrilift*.

4.3 PERHITUNGAN *PUMP SETTING DEPTH* (PSD) DAN TOTAL DYNAMIC *HEAD* (TDH)

Seperti pada sumur G, *Dynamic fluid level* berada di 1876 ft dan *pump setting depth* berada di 2410 ft, yaitu sekitar 140 ft di bawah *Dynamic fluid level*. Ini bertujuan agar mengurangi erosi pasir yang bisa masuk ke dalam *intake* dan fluida yang mengalir dapat berfungsi sebagai *cooling* bagi motor, serta pada kedalaman tersebut tidak menyebabkan *pump off* akibat tinggi fluida di atas pompa relatif kecil dan tidak menyebabkan pengangkatan kolom fluida yang terlalu berat (*overload*) sehingga umur pompa (*lifetime)* lebih panjang.

Tabel 4. 4 PSD Optimum pada Sumur G

Sumur	$Q_{optimum}$ (BFPD)	WFL	PSD Rekomendasi
SUMUR G	18113	1876	2410

Total Dynamic Head (TDH) dalam sumur G ini didapat 2617 ft yang artinya total ketinggiaan (*head*) yang dibutuhkan untuk mengangkat fluida dengan laju produksi yang diinginkan sampai ke permukaan saat pompa mengangkat fluida dari satu tingkat ke tingkat lainnya. Dalam hal *vertikal lift* (HD) yang didapat sebesar 1876 ft yang menenadakan jarak yang dibutuhkan untuk *dynamic fluid level* mencapai ke permukaan. *Friction loss* pada pada *tubing* menggunakan perhitungan *hanzen-Williams* dihasilkan 213 per 1000ft dengan *Head Friction* (HF) sebesar 513 Ft ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak *power* yang hilang disepanjang area *tubing* antara pompa sampai menuju ke permukaan akibat adanya gesekan atau friksi aliran di dalam *tubing*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4. 5 *Total Dynamic Head* Sumur G

Sumur	H_D (ft) *Vertical Lift*	H_f (ft) *Tubing Friction Loss*	H_T *Tubing Head*	TDH (ft) *Total Dynamic Head*
SUMUR G	1876	213	228	2617

Total Dynamic Head pada sumur G didapat dengan menjumlahkan *vertical lift* (HD) pada 1876 ft, *head friction loss* (Hf) pada 213 Ft dan *wellhead tubing pressure head* (HT) pada 228 Ft sehingga diperoleh TDH pada 2617 Ft.

4.4 PEMILIHAN UKURAN POMPA DAN *STAGE*

Memilih tipe dan ukuran pompa untuk tiap sumur yaitu berdasarkan laju produksi yang diinginkan yang didapat dari kurva *IPR*. Untuk memilihan ukuran pompa di harus didasari dengan kesesuai laju alir (Q) yang diinginkan dengan melihat hasil plot *Pump Performance Curve* pada *line capacity range* laju produksi. laju alir yang diinginkan adalah 18113 bfpd, namun pada saat ini pompa terpasang berjenis *REDA* 562 INH-13000 dengan *range* kapasitas sebesar 9200 hingga 16400 yang dilihat kurang effisien dan tidak mencukupi batas *range* optimum yang diinginkan serta melebihi dari batas maksimum *range* yang dimiliki. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penggantian pompa dengan *type* pompa *REDA* 675 INJ-12000 dengan kapasitas *range* sebesar 8000 hingga 18500 bfpd

Tabel 4. 6 Pemilihan *Type* dan Ukuran Pompa

Sumur	***Pump Type***	***Pump Size***	***Range* Capasitas**
G	562	INH-13000	9200-16400
G	675	INJ-12000	8000-18500

Penentuan jumlah tingkat pompa (*stage*) sangat diperlukan dalam mendesain *ESP*, karena semakin banyaknya jumlah tingkatan dari jumlah *stage* yang dipasangkan, maka semakin besar tenaga yang dihasilkan pompa untuk

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

mengangkat fluida. Sebelum menghitung jumlah tingkat pompa (*stage*), terlebih dahulu menghitung *Total Dynamic Head* (TDH), kemudian menentukan *Head/stage* dari *pump performance curve* tiap ukuran pompa berdasarkan laju produksi yang diinginkan. Penentuan banyaknya *stage* dapat dikondisikan dengan kesesuaian dan ketersediaan *stock* pada *wearhouse* yang ada di lapangan.

Tabel 4. 7 Penentuan Jumlah *Stages*

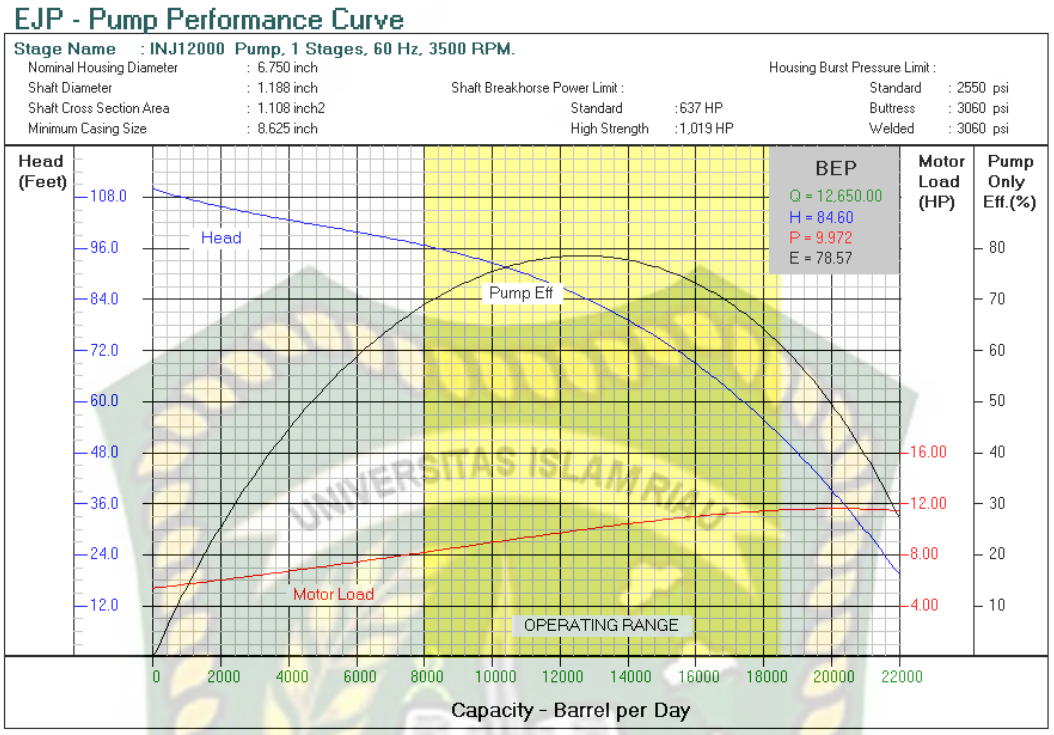
Sumur	*Pump Size*	Q diinginkan (BFPD)	*Head/stage* (ft)	TDH (ft)	*stage*	*Stage* tersedia
G	HN-13000	18113	52	2617	50	52
G	INJ-12000		94.5		28	29

Namun apabila jumlah *stage* pada hasil perhitungan tidak tersedia dalam lapangan, maka dipilih *stage* yang memiliki harga paling mendekati. Pada sumur G untuk pompa Reda HN 13000 memiliki *head/stage* sebesar 52 pada total *dynamic head* (TDH) 2265 Ft sehingga didapatkan jumlah *stage* sebesar 45 *stage* sedangkan pada pompa REDA 672 INJ-12000 didapatkan memiliki *Head/stage* 94.5 dengan jumlah *stage* sebesar 25 *stage*.

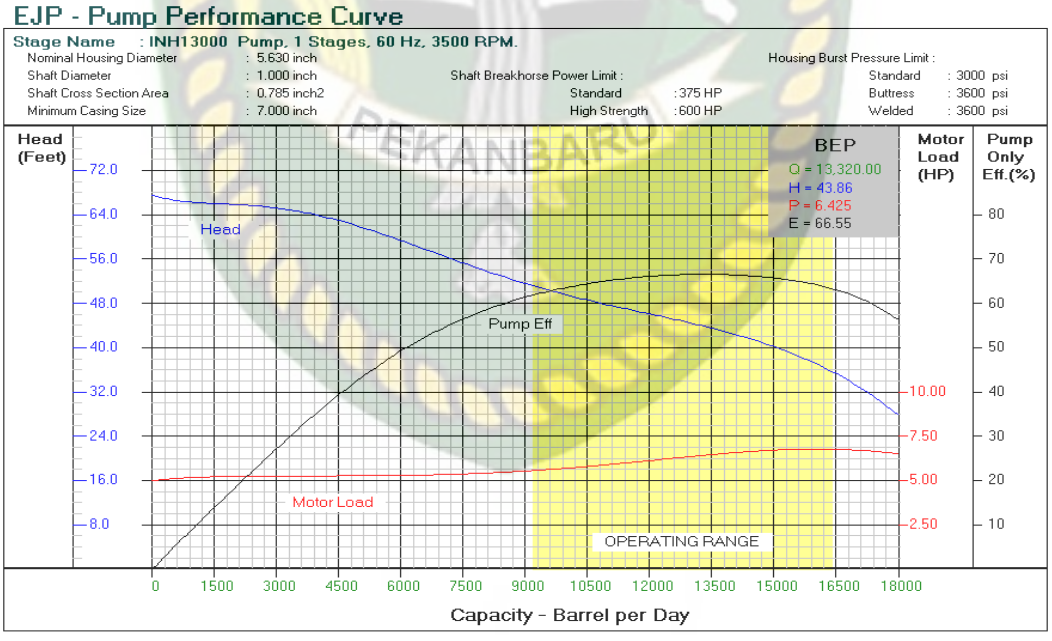
4.5 *PUMP CURVE* DAN PEMILIHAN MOTOR

Sebelum menghitung besarnya *Horse Power* (*HP*), terlebih dahulu menentukan *HP* / *stage* dari tiap ukuran pompa berdasarkan laju produksi yang diinginkan. Pembacaan *pump curve* dilakuan dengan Simulasi mengkonversikan langsung hasil pembacaan efektifitas pompa, *House power, Head*/ft dan laju Produksi. Perpotongan *pump performance curve* dari kurva INJ12000 dan laju produksi sebesar 8982 BFPD menghasilkan efisiensi pompa sebesar 72% sebaliknya INH-13000 memiliki tingkat effisiensi sebesar 61%. Sama halnya dengan pompa dalam penentuan motor juga didasarkan pada *catalogue* yang merupakan ketersediaan *horse power* motor yang ada di lapangan. Namun juga pada saat besarnya *horse power* pada hasil perhitungan tidak memungkinkan dan tersedia dalam *catalogue* atau *wearhouse*, maka dipilih motor dengan *horse power* lebih mendekati bahkan besar pada gambar di bawah ini.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4. 2 *Pump curve* INJ-12000



Gambar 4. 3 *Pump Curve* HN-13000

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.6 PEMILIHAN MOTOR

Dari hasil analisis data-data yang didapat pemilihan spesifikasi motor dan tegangan yang cocok untuk pompa HNG-13000 dan INJ-12000 memiliki *HP* / *stage* sebesar 5.625 ft dan 9 yang telah di perhitungkan oleh lampiran maka didapat besaran *house power* motor yang dibutuhkan untuk menghidupkan pompa HNG-13000 dan INJ-12000 sebesar 283 dan 245 *HP*. Dapat dilihat pada kriteria yang cocok untuk *hourse power* masing-masing pompa sebesar 300 *HP* pada pompa HNG-13000 dengan 1235 *voltase*, 147.5 *Amper* Sedangkan pada pompa INJ-12000 dengan rekomendasi 270 *HP*, 1275 *Voltase* dan 128.5 *Amper*. Jenis pompa yang sesuai adalah seri 562 yang dapat dilihat pada *catalogue* dari EJP yang tersedia pada lapangan pada lampiran dan spesifikasi seri pompa pada table di bawah ini.

4.7 PENENTUAN *CABEL* DAN *SWITCHBOARD*

Pemilihan kabel dapat dilihat dari hasil plot antara grafik *voltage drop*, dari hasil plot grafik INH-13000 sebesar 147.5 *Amper* menghasilkan *voltage drop* sebesar 33v/1000 ft dan INJ-12000 sebesar 128.5 dengan *voltage drop* 29v/1000 ft. dari hasil pemotongan dalam kurva tersebut *cabel* yang sesuai adalah *flate cable no 1 Cu* untuk masing-masing pompa dan menggunakan *switchboard* yang sama yakni dengan 415 kVa pada kelas 160 A pada Transformer.

Tabel 4. 8 Penentuan Spesifikasi Pompa

	Sesifikasi	**Jenis**	**Satuan**
INH-13000	*Transformer*	160	*Series*
	Switchboard	415 kVa	*Series*
	Pump	HN13000	*Series*
	Motor type	562	*Series*
	Hourse Motor	300	*Series*
INJ-12000	**Sesifikasi**	**Jenis**	**Satuan**
	Transformer	*Size* 3	*Series*
	Switchboard	415 kVa	*Series*
	Pump	HN-12000	*Series*
	Motor type	672	*Series*
	Hourse Motor	270	*Series*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dari hasil perhitungan maka rekomendasi *design* pompa yang sesuai pada kaawsan lapangan SP sumur G ini dapat dilihat pada table di atas.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB V

SARAN DAN KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari perhitungan *IPR* untuk sumur G dengan laju produksi fluida awal sebesar 8923 BFPD dengan *water cut 99.5.* dengan analisis kurva *IPR* didapatkan laju optimum sebesar18113 bfpd. Dengan pompa terpasang INH-13000 dinilai kurang efektif dalam optimasi sumur G karena *range capacity* dari pompa tersebut tidak dapat mendekati *range* optimum 80% dari laju alir maximum sebesar 18113 bfpd dan hanya mampu mendekati 16400 bfpd.
2. Berdasarkan hasil analisis pemilihan pompa yang sesuai untuk sumur G adalah INJ-12000 yang terbukti dapat mendekati jumlah nilai laju produksi optimum dengan *range capacity* mulai dari 8000 hingga 18500 sehingga dapat meningkatkan effisiensi pada *pump curve* di atas 60%.

5.2 SARAN

Saran Penulis untuk Penulis selanjutnya yang ingin melanjutkan Tugas Akhir ini adalah agar melakukan analisis keekonomian.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Andalucia, Sefilra. 2012. "Evaluasi Dan Desain Ulang Electric Submergible Pump (Esp) Pada Sumur "X" Di Lapangan "Y"." 5(1).

Brown, Kermit E. 1984. *The Technology of Artficial Lift Methods Kermit Brown Volume 2b*.

Cardona, Andres, Benedicte Kadio-morokro, and Jeff Knight. 2016. "Probabilistic Production Data Analysis Applied to ESP Selection ESP Sizing and Uncertainty Placket – Burman for Experimental Design." *Probabilistic Production Data Analysis Applied to ESP Selection ESP Sizing and Uncertainty Placket – Burman for Experimental Design* (October): 25–27.

Centrilift. 2007. "Nine Steps ESP Design." In *Nine Steps ESP Design,*.

Drive, Corporate. 2009. *No Title*. Burlington: Gulf Professional Publishing.

Havard, Devold. 2006. *Oil And Gas Production*.

Hussain, Wadah, and Alkhorayef Petrolum Company. 2020. "IPTC-19863-Abstract Challenges of Installing ESP in Natural Flow Wells." (January): 13–15.

Jayanti, Putri Dwi, Rachmat Sudibyo, and Djoko Sulustiyanto. 2015. "Evaluasi Dan Optimasi Pompa Electric Submersible Pump (Esp) Pada Sumur-Sumur Di Lapangan X." : 376–86.

Kolawole, Oladoyin, Talal Gamadi, and Denny Bullard. 2019. "SPE-196592-MS Comprehensive Review of Artificial Lift System Applications in Tight Formations." (Fig 1): 1–21.

Margins, Profit, and Economic Limits. 2018. "SPE-190960-MS Permanent Magnet Motors/Powder Metallurgy Pump *Stages*: Increasing Profit Margins, Reserves, and Economic Limits through Efficient ESP Design." : 1–10.

Mayendra, Aliya, Cahaya Rosyidan, Jurusan Teknik Perminyakan, and Universitas Trisakti. 2017. "Evaluasi Perbandingan Desain *Electrical submersible pump* Dan Sucker Rod Pump Untuk Optimasi Produksi Pada Sumur M-03 Dan M-05." : 7–12.

Mohammadzaheri, Morteza et al. 2019. "Modelling of Petroleum Multiphase Flow in *Electrical submersible pump*s with Shallow Artificial Neural Networks Modelling of Petroleum Multiphase Fl Ow in *Electrical submersible pump*s

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

with Shallow." *Ships and Offshore Structures* 0(0): 1–10.

Musnal, Ali. 2015. "Issn 2540 - 9352." *Optimasi Perhitungan Laju Alir minyak Dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic Pada Sumur Minyak Di Lapangan PT. KSO Pertamina Sarolangon Jambi* 4(2): 70–77.

Nataliana, Decy, Nandang Taryana, and Ridwan Arif Akbar. 2018. "Studi Korelasi Antara Kapasitas Daya Motor *Electrical submersible pump* Terhadap 4 Parameter Sumur Minyak." 6(1): 79–96.

Nur, Ilhami, and Tutuka Ariadji. 2010. "Analisis Pengaruh Gas Pada Perencanaan Electric Submersible Pump (Esp) Pada Sumur Yang Memproduksikan Gas Dan Nomograf Usulan Untuk Menentukan Persentase Gas Dan Volume Fluida Masuk Pompa." : 1–29.

Oetomo, Hari. 2019. "Optimasi Produksi Sumur Ec-6 Dengan Membandingkan Pengangkatan Buatan Gas Lift Dan Electric Submersible." VIII(1): 8–13.

Pamungkas, Joko. 2004. *Pengantar Teknik Perminyakan*. 4th ed. yogyakarta.

Paulo, André, Ferreira Machado, Cassius Zanetti Resende, and Daniel Cruz Cavalieri. 2019. "Control Engineering Practice Estimation and Prediction of Motor Load Torque Applied to *Electrical submersible pump*s." *Control Engineering Practice* 84(March 2018): 284–96.

Pradana, Agung Nuraeni Siti Sulistyanto, Djoko. 2015. "Optimasi Lifting Menggunakan Electric Submersible Pump Dan Analisa Keekonomian Pada Sumur 'X' Lapangan 'Y' Agung." : 65–78.

Ramadhani, Ade Anggraini et al. 2018. "Evaluasi Ukuran Diameter *Tubing* Untuk Upaya Optimasi Laju Produksi Sumur A-28 Lapangan B Pt . Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field." 2(2): 1–10.

Sari, Dessy Agustina, Aries Soepryanto, and Sufriadi Burhanuddin. 2016. "Re-Design Electric Submersible Pump Pada Pt Chevron Pacific Indonesia – Minas Pekanbaru." 1(1): 25–33.

Sucipto, Hari, Sigit Setya Wiwaha, and Imron Ridzki. 2018. "Instalasi Esp (Electric Submersible Pump) Sistem Tandem Pada Sumur Minyak Dengan Variable Speed Drive." *Jurnal Eltek* 16(1): 51.

Takacs, Gabor. 2009. *Electrical submersible pump*s Manual *Electrical submersible pumps Manual*.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Verde, W Monte, J Biazussi, and A Bannwart. 2013. “SPE 165072 Gas and Viscous Effects on the ESPs Performance.”

Wahono, Petrus Agus, Syamsul Komar, and Fuad Rusydi Suwardi. 2015. “Evaluasi Pompa Esp Terpasang Untuk Optimasi Produksi Minyak Pt . Pertamina Asset I Field Ramba.” 21(1): 57–63.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :