

**PERENCANAAN DRILL OUT CEMENT PADA PEKERJAAN
WORKOVER DENGAN MENGGUNAKAN BOWEN POWER
SWIVELDI SUMUR “AF”**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

AFDHOL GUNAWAN

NPM 133210629



Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

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

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :
Nama : Afdhol Gunawan
NPM : 133210629
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Perencanaan *Drill Out Cemen* Pada Pekerjaan
Work Over Menggunakan *Bowen Power Swivel*
Di Sumur 'AF'

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 : Dr. Mursyidah, M. Sc (.....)
Pembimbing II : Novrianti, S.T., M.T. (.....)
Penguji : M. Ariyon, ST.,MT (.....)
Penguji : Idham Khalid, ST.,MT (.....)

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 14 Desember 2019

Disahkan Oleh:

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

Ir. H. Abdul Kudus Zaini, M.T., M.S.Tr

Dr. Eng. Muslim, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalam baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan.

Pekanbaru, 14 Desember 2019

Afdhol Gunawan
NPM 133210629



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa 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. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mursyidah, M. Scselaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini, memberikan nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan Berserta ibu Novrianti, S.T., M.T.. selaku dosen pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Tomi Erfando, ST., M.T.. Selaku Dosen Pembimbing Akademis yang selama ini telah memberi dukungan dan Petunjuk dalam perkuliahan saya.
3. KandaTetap Pandaya, STselakupembimbing lapangan yang telah membantu, memberikan masukan selama menyusun tugas akhir ini.
4. Orang tua Natias Anwar dan Siti Asmara serta keluarga terdekat atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
5. Teman- teman yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Pekanbaru, 14 Desember 2019

Afdhol Gunawan

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Alur Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi Semen.....	6
2.1.1 Metode <i>bradenhead squeeze cementing</i>	7
2.1.2 Metode <i>bullhead squeeze cementing</i>	7
2.2 Sifat-sifat fisik semen Pemboran	7
2.3 Fungsi Semen.....	8
2.3.1 Jenis-jenis penyemenan	8
2.3.1.1 <i>Primary Cementing</i>	8
2.3.1.2 <i>Secondary Cementing</i>	9
2.3.1.3 Komponen dan komposisi semen	10
2.3.1.4 Klasifikasi Semen berdasarkan <i>API</i>	11
2.3.1.5 Sifat-sifat Semen.....	12
2.3.2 Mengubah Zona Produksi ke Zona produksi lain.....	14

2.4 WELL LOGGING.....	14
2.4.1 Log Gamma ray.....	15
2.4.2 Resistivity Log.....	15
2.4.3 Density Log.....	15
2.5 Drill Out Cement.....	16
2.5.1 Rate Of Penetration.....	20
2.5.2 WEIGHT ON BIT (WOB).....	20
2.5.3 ROTATING PER MINUTE (RPM).....	23
2.5.4 Pengenalan Rotary Equipment.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.2 Jadwal Penelitian.....	27
3.3 Data Lapangan AF.....	28
3.3.1 Sejarah Lapangan AF.....	28
3.3.2 Sejarah Pengembangan Lapangan AF.....	28
3.3.3 Keadaan Geologi.....	29
3.3.4 Struktur Geologi.....	29
3.3.5 Stratigrafi.....	31
3.3.6 Karakteristik Reservoir.....	32
3.3.7 Karakteristik Batu Reservoir.....	32
3.3.8 Karakteristik Fluida Reservoir.....	32
3.3.9 Sejarah Produksi Lapangan 'X'.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Perencanaan DOC.....	36
4.2 Kinerja DOC menggunakan <i>Bowen Power Swivel</i> pada sumur AF.....	37
4.3 Efisiensi Biaya Penggunaan <i>Bowen Power Swivel</i>	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tujuan Primary Cementing (Pamungkas, 2004).	9
Gambar 2.2 Spesifikasi <i>Bowen Power Swivel</i> yang digunakan disumur AF	18
Gambar 2.3 <i>Drill Collar</i>	21
Gambar 2.4 Hubungan Laju Pemboran dengan besarnya WOB	22
Gambar 2.5 Hubungan Laju Pemboran dengan besarnya RPM	24
Gambar 3.1 Peta Lokasi Lapangan Minyak ‘AF’ (Chevron D. , 2010)	28
Gambar 3.2 Statigrafi Cekungan Sumatera Tengah (Chevron D. , 2009)	30
Gambar 3.3 Struktur Geologi Cekungan Sumatera Tengah (Chevron..... D. ,2008)	31
Gambar 4.1 <i>Production test history</i> sumur AF	34
Gambar 4.2 Sebelum dan sesudah di lakukan nya pekerjaan <i>drill out cement</i> diSumur “AF”	35
Gambar 4. 3 Grafik Laju pemboran Vs Wob	39

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data <i>well integrity</i> sumur AF	36
Tabel 4.2 Data interval perforasi sumur AF	36
Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>design squeeze off interval</i> sumur AF	37
Tabel 4.4 Hasil perhitungan <i>Additive</i> yang digunakan pada sumur AF	37
Tabel 4.5 Hasil perhitungan WOB, ROP dan CPF	38



DAFTAR SINGKATAN

RPM	<i>Rotating Per Minute</i>
ROP	<i>Rate of Penetration</i>
WOB	<i>Weight on Bit</i>
<i>C_f</i>	<i>Cost per Feet</i>
DOC	<i>Drilling Out Cement</i>
Bbl	<i>Barrel</i>
Ft	feet
CIC	<i>Cement in Casing</i>
CIF	<i>Cement in Formation</i>
Stg	<i>stage</i>



**PERENCANAAN DRILL OUT CEMENT PADA PEKERJAAN WORKOVER
MENGUNAKAN BOWEN POWER SWIVEL DI SUMUR 'AF'**

**AFDHOL GUNAWAN
NPM 133210629**

ABSTRAK

Sumur "AF" merupakan sumur produksi yang memiliki tiga interval produksi yaitu pada kedalaman 1775-1778', 1781-1796' dan 1853-1864'. Sumur ini telah dihentikan produksinya semenjak tanggal 3 oktober 2013. Penyebab dihentikannya produksi sumur ini dikarenakan sudah menurunnya produksi minyak. Berdasarkan Analisis Log sumur ini, dan dukungan dari data sumur sekitar pada lapisan yang sama, terdapat lapisan yang memiliki prospek yang bagus. Maka untuk dilakukannya pengembangan sumur ini, perlu dilakukan *squeeze cementing* terhadap zona produksi yang lama dan akan dilakukan *reperforasi* pada beberapa interval. Dalam melakukan pekerjaan pengembangan sumur ini, perlu dipertimbangkan beberapa aspek, diantaranya efisiensi tenaga dan biaya penggunaan alat.

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini yaitu metodologi lapangan yang meliputi diantaranya perkiraan ketebalan semen yang akan mengisi sumur, Perhitungan Desain *Squeeze cementing* yang meliputi perhitungan volume bubuk semen dan data *additive* yang digunakan serta perhitungan Teknis *Drill Out Cement* meliputi perhitungan elemen pemboran dari penggunaan alat *Bowen Power Swivel* dan efisiensi biaya dalam penggunaan *bowen power swivel* dan *rotary table* selama pekerjaan berlangsung.

Dari hasil perhitungan diperoleh yaitu ketebalan semen yang mengisi sumur sebesar 439 ft, Nilai volume total bubuk semen 21.50 bbls, harga WOB sebesar 19.457 lb/ft, RPM sebesar 45 rpm, ROP sebesar 806,81 ft/hrs dan CPF sebesar 95.80 US\$/ft. Dari segi biaya, *moving rig* menggunakan membutuhkan biaya 2673.43 US\$ sedangkan *moving rig* menggunakan *rotary table* 20776.51 US\$. Maka Biaya selisih atau penghematan senilai 18103.08 US\$. Dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Bowen Power Swivel* dari segi biaya lebih efisien.

Kata kunci: *Drill Out Cement, Bowen Power Swivel, Squeeze of interval*

**PLANNING DRILL OUT CEMENT FOR WORKOVER WORK USING
BOWEN POWER SWIVEL IN WELL 'AF'**

**AFDHOL GUNAWAN
NPM 133210629**

ABSTRACT

The 'AF' well is a production well which has three production intervals at depths of 1775-1778 ', 1781-1796' and 1853-1864 '. This well has stopped production since October 3, 2013. The cause of the stop in production of this well is due to the increasing production of water. So to develop this well, a squeeze of interval must be done to the old production zone and reperforation will be done at several intervals. In carrying out this well development work, it is necessary to consider several aspects, including energy efficiency and cost. During the cyclic water injection, the water injection rate is carried out alternately between the high injection rate and the injection is stopped, with the same cumulative injection water as continuous water injection that for this method feasible to apply. From this study, incremental oil production cumulative was 7.632%, incremental gas production rates were 2.043% and watercut 1.53% decreased. The novelty of this study is to increase production with minimal effort and risk.

The methodology used in this thesis is the field methodology which are include the estimated thickness of the cement that will fill the well, Squeeze of interval design calculations which include the calculation of the volume of cement slurry and additive data used and Technical Drill Out Cement calculations include calculation of drilling elements from Use of Bowen Power Swivel tools and cost efficiency in using bowen power swivels and rotary tables during work.

From the calculation results obtained are the thickness of the cement filling the well at 439 ft, the total volume of the slurry of cement 21.50 bbls, the WOB of 19.457 lb / ft, the RPM of 45 rpm, the ROP of 806.81 ft / hrs and the CPF of 9580 US\$/ft. In terms of cost, the use of Bowen Power Swivel requires a fee of 2673.43 US\$ while the use of a rotary table is 20776.51 US\$. Then the difference in cost or savings of 12103.08 US\$. And it can be concluded that the use of Bowen Power Swivel in terms of cost is more efficient.

Keywords: *Drill Out Cement, Bowen Power Swivel, Squeeze of interval*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumur “AF” merupakan sumur produksi yang memiliki tiga interval produksi pada kedalaman 1775-1778’, 1781-1796’ dan 1853-1864’. Sumur ini telah dihentikan produksinya semenjak tanggal 3 oktober 2013. Penyebab dihentikannya produksi sumur ini dikarenakan sudah menurunnya produksi minyak. Berdasarkan *Analisis Log* sumur ini dan dukungan dari data sumur sekitar pada lapisan yang sama, terdapat lapisan yang memiliki prospek yang bagus. Maka untuk dilakukan pengembangan sumur ini, harus dilakukan *squeeze of interval* terhadap zona produksi yang lama dan akan dilakukan *re-perforasi* pada beberapa interval. Dalam melakukan pekerjaan pengembangan sumur ini, perlu dipertimbangkan beberapa aspek, diantaranya efisien waktu, tenaga dan biaya.

Workover atau kerja ulang sumur adalah salah satu kegiatan dalam usaha meningkatkan produksi dengan cara memperbaiki *problem* atau memperbaiki kerusakan sumur sehingga diperoleh kembali laju produksi yang optimum. *Workover* dilakukan berdasarkan pada faktor-faktor yang menyebabkan suatu sumur tidak berproduksi lagi secara optimum. Berdasarkan faktor-faktor yang menyebabkannya, maka metoda-metoda *workover* yang dapat dilakukan adalah *squeeze cementing*, *Reperforation*, *Recompletion* dan *Sand Control*. (kristianti, Suharsono, Amri, Pratikno, & Lukito, 2008)

Drill Out Cement (DOC) merupakan pekerjaan *workover* lanjutan daripekerjaan *squeeze of interval*, dimana pekerjaan ini menggunakan *Bowen Power Swivel* sebagai sumber tenaga putar bagi rangkaian *drill string*. Alasan pemilihan *Bowen Power Swivel* digunakan sebagai tenaga putar pada rangkaian *string* adalah efisiensi tenaga dan biaya yang dikeluarkan dalam perkerjaan ini. Faktor lain digunakannya *Bowen Power Swivel* ini dikarenakan pekerjaan *drill out*

cement ini merupakan pekerjaan pemboran dengan skala kecil dan *Bowen Power Swivel* ini mampu untuk melakukan pekerjaan tersebut.

Dengan melakukan perencanaan terhadap pekerjaan *drill out cement* (DOC) pada sumur AF, dapat diketahui seberapa efisien penggunaan *Bowen Power Swivel* ini dalam melakukan pekerjaan *workover* tersebut. Perencanaan ini bertujuan untuk mengantisipasi pembengkakan *cost* yang terjadi dalam pekerjaan *workover* disumur AF, diharapkan dengan melakukan perencanaan ini didapatkan *torque* yang tepat pada pemutaran *string* untuk menghasilkan RPM *string* yang optimal dan *rate of penetration* yang stabil dan WOB yang cocok untuk pengeboran menggunakan *Bowen Power Swivel* tergantung juga dari *compressive strength* dari pada semen sertawaktu, *cost perfoot* (CF) yang digunakan selama proses pengeboran semen di sumur AF.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Analisis perencanaan pekerjaan *drill out cement* disumur AF menggunakan *Bowen Power Swivel* untuk menentukan RPM, ROP, WOB dan CF yang ideal.
2. Melihat efisiensi biaya penggunaan *Bowen Power swivel* dalam pekerjaan *Drill Out Cement*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis membatasi masalah sesuai dengan judul yang tertulis sebelumnya yaitu membahas tentang perencanaan *drill out cement* pada pekerjaan *workover* dengan menggunakan *bowen power swivel* di sumur "AF".

1.4 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, peneliti melakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

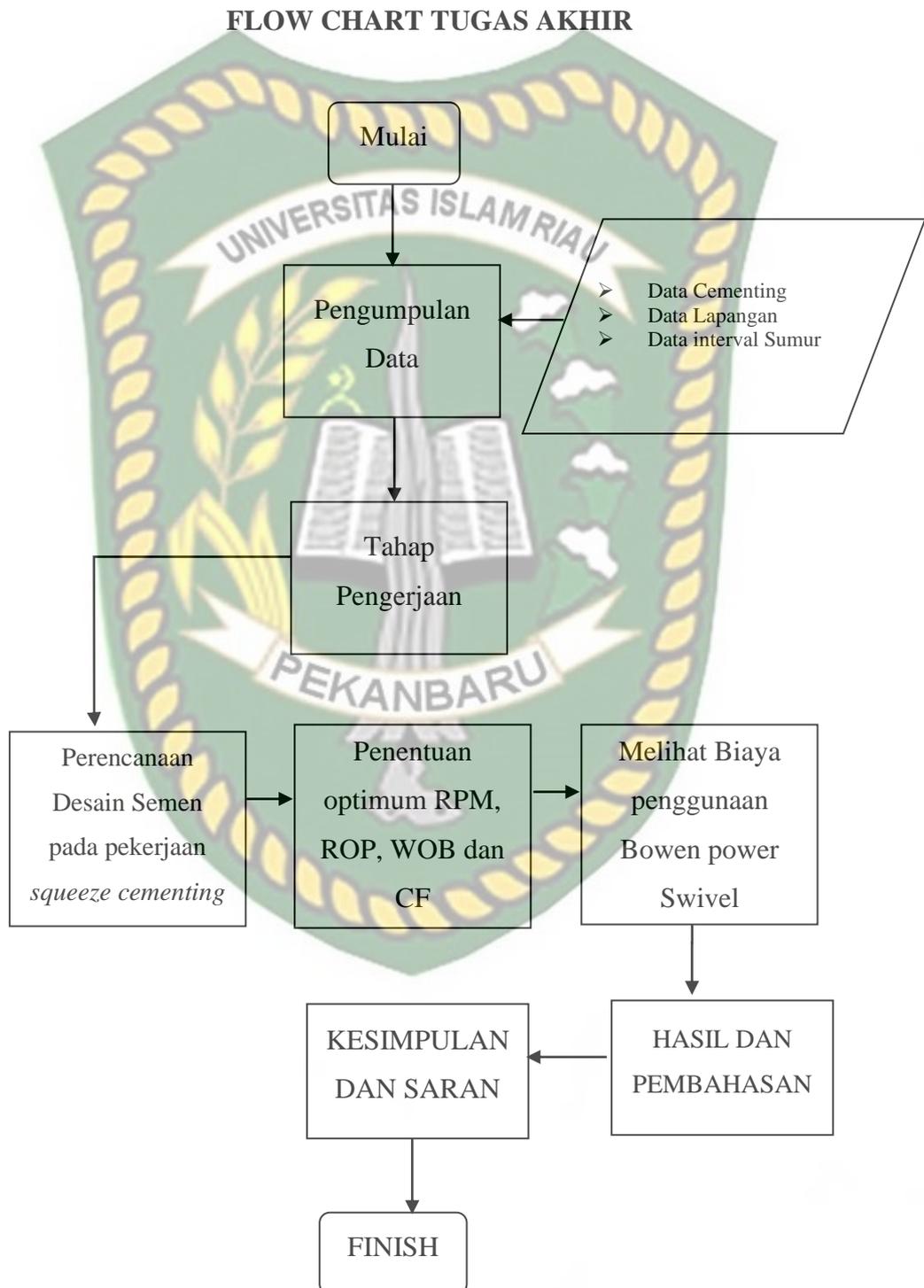
1. Penelitian ini dilakukan di sumur "AF".

2. Metode yang digunakan adalah *research*
3. Teknik pengumpulan data

Data sekunder: informasi yang diperoleh dan teori dari jurnal-jurnal penelitian serta data-data perusahaan yang berkaitan dengan penelitian seperti :data produksi sumur, data sejumlah sumur, dan data pengerjaan sumur.



1.5 Alur Penelitian (*Flowchart*)



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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

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

2.1 Definisi Semen

Pada umumnya penyemenan bertujuan untuk melekatkan *casing* pada dinding lubang sumur, lalu melindungi *casing* dari masalah-masalah mekanis sewaktu operasi pemboran berlangsung (seperti getaran), melindungi *casing* dari fluida formasi yang bersifat korosi dan untuk sebagai pemisah antar lapisan formasi di belakang *casing*(Novrianti, 2016).

Menurut (Simanungkalit S. R., 2017)Penyemenanmerupakan proses pendorongjumlah bubuk semen (*slurry*) yang mengalir di bawah sepatu *casing* hingga naik ke annulus di antara *casing* dan formasi. Bubur semen tersebut akan mengeras sehingga mengikat antara *casing* dengan dinding lubang bor. Menurut tujuannya penyemenan dapat dibagi dua, yaitu penyemenan awal (*primary*

cementing) dan penyemenan kedua atau penyemenan perbaikan (*secondary cementing* atau *remedial cementing*). Apabila pada *primary cementing* hasil penyemenannya belum sempurna dan mengalami masalah, maka akan dilakukan *secondary cementing* atau *remedial cementing*. *Secondary* atau *remedial cementing* dapat di bagi menjadi tiga bagian, yaitu *squeeze cementing*, *re-cementing* dan *plug-back cementing*.

Metode yang biasanya digunakan dalam operasi pekerjaan *squeeze cementing* terbagi dua yaitu (Zuldian & Wahyuni, 2018):

2.1.1 Metode *bradenhead squeeze cementing*

Metoda *Bradenhead squeeze cementing* adalah suatu metode pada pekerjaan *squeeze cementing* dengan tanpa menggunakan packer pada tubing dalam pengaplikasiannya. Metode ini biasanya digunakan pada sumur dengan batuan formasi yang berupa batuan pasir atau *sandstone*.

2.1.2 Metode *bullhead squeeze cementing*

Metode *bullhead squeeze cementing* adalah suatu metode operasi pekerjaan *squeeze cementing* dengan menggunakan packer pada tubing dalam pengaplikasiannya. Packer pada tubing sendiri berfungsi agar tekanan pemompaan dari bubur semen yang diberikan tersalurkan secara merata. Metode *bullhead squeeze cementing* biasanya digunakan pada formasi yang permeabilitasnya rendah dengan tujuan agar bubur semen yang dipompakan dapat masuk menutup formasi secara sempurna.

2.2 Sifat-sifat fisik semen Pemboran

Bubur semen yang akan digunakan pada kegiatan pemboran haruslah disesuaikan dengan sifat – sifat formasi yang akan disemen. Hal ini sangat berpengaruh pada keberhasilan suatu kegiatan Pemboran. Adapun sifat-sfat dasar semen yang berkaitan dengan pekerjaan *Drill Out Cement* diantaranya : Densitas, *Thickening Time*, *Filtration Loss*, *Water Cement Ratio (WCR)*, *Waiting On Cement*, Permeabilitas *Compressive Strength* , *Shear Bond Strength*, *Viskositas* (Rakhmanto, 2014)

2.3 Fungsi Semen

Fungsi dari penyemenan pada sumur migas antara lain : melakukan pembatasan (penyumbatan) hidraulis antara selubung dengan formasi, menahan semua berat (beban) dari berat casing, mencegah kemungkinan kerusakan rangkaian selubung akibat korosi, menutup zona hilang sirkulasi atau zona bertekanan abnormal memisahkan lapisan-lapisan produktif dengan lapisan yang tidak diinginkan.(Herianto, 2011)

Adapun persamaan yang digunakan dalam perencanaan *drill out cement* :

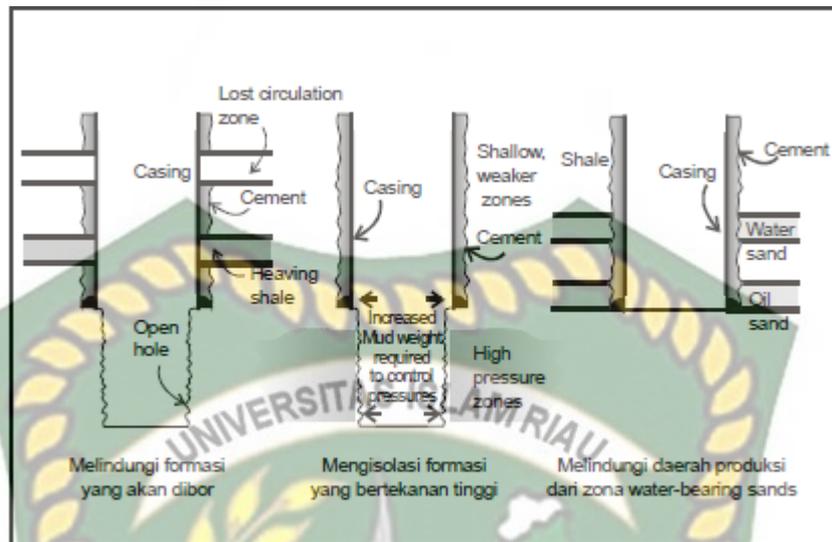
$$\text{Grand Total Volume Slurry} = \text{Total Slurry Stage 1} + \text{Total Slurry Stage 2}$$

2.3.1 Jenis-jenis penyemenan

Pada umumnya proses penyemenan pada kegiatan pemboran ada 2 tahap diantaranya:

2.3.1.1 *Primary Cementing*

Primary cementing adalah penyemenan pertama kali yang dilakukan setelah *casing* diturunkan ke dalam sumur. Penyemenan *conductor casing* bertujuan untuk mencegah terjadinya kontaminasi fluida pemboran (lumpur pemboran) dengan formasi. Penyemenan *surface casing* bertujuan untuk melindungi air tanah agar tidak tercemar oleh fluida pemboran, memperkuat kedudukan *surface casing* sebagai tempat BOP (*Blow Out Preventer*) dipasang, untuk menahan beban casing yang terdapat di bawahnya dan untuk mencegah aliran fluida pemboran atau fluida formasi yang akan melalui *surface casing*. Penyemenan *intermediate casing* bertujuan untuk menutup tekanan formasi abnormal atau mengisolasi daerah *lost circulation*. Penyemenan *production casing* bertujuan untuk mencegah terjadinya aliran antar formasi ataupun aliran fluida formasi yang tidak diinginkan untuk memasuki sumur. Selain itu juga bertujuan untuk mengisolasi zona produktif yang akan diproduksi fluida formasi dan juga untuk mencegah korosi pada *casing* terjadi yang disebabkan oleh material – material korosif.(Rukhmansyah & Aboekasan, 2015).



Gambar 2.1Tujuan Primary Cementing(Pamungkas, 2004).

Sejauh ini injeksi air merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk meningkatkan *recovery* minyak, terlepas dari banyaknya karakteristik reservoir yang menguntungkan ada juga beberapa karakteristik *reservoir* yang merugikan, misalnya heterogenitas *reservoir*, khususnya nilai permeabilitas yang tinggi, hal ini berdampak buruk pada injeksi air, nilai permeabilitas yang sangat tinggi mengganggu efek penyapuan minyak (Alhuthali, Oyerinde, & Gupta, 2006).

2.3.1.2 Secondary Cementing

Secondary cementing merupakan pekerjaan penyemenan yang gunanya untuk memperbaiki penyemenan yang kurang sempurna(Simanungkalit R. S., 2017) .*Squeeze cementing* secara umum dapat dikatakan sebagai suatu proses dimana bubur semen (*cement slurry*) didorong dengan tekanan yang diizinkan sampai pada titik tertentu dengan tujuan nantinya *slurry* akan menempati zona yang akan disqueeze,*Slurry* yang disqueeze ke zona perforasi akan mengeras dan menambal daerah tersebut. *Squeeze cementing* dapat diaplikasikan selama operasi pemboran berlangsung, kompleksi, maupun pada saat *workover*.

Secara sederhana proses interaksi semen dan formasi pada saat penyemenan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Proses Filtrasi, yaitu proses masuknya sebagian fasa cair bubur semen ke dalam formasi akibat adanya beda tekanan pada formasi *permeable*.

- b) Seiring terjadinya filtrasi, secara terpisah akan terbentuk semen kering (*filtercake*) di permukaan formasi.
- c) *Filter cake* pada awalnya mempunyai permeabilitas yang tinggi. Dengan bertambahnya partikel semen tersebut juga naik. Akibatnya laju filtrasi turun dan tekanan yang dibutuhkan untuk mengeringkan bubur semen naik lebih tinggi.

Adapun tujuan dari *squeeze cementing* antara lain :

1. Mengurangi *water-oil ratio*, *water-gas ratio*, atau *gas-oil ratio*.
2. Menutup formasi yang sudah tidak produktif lagi.
3. Menutup zona *lost circulation*.
4. Memperbaiki kebocoran yang terjadi di *casing*.
5. Memperbaiki *primary cementing* yang kurang memuaskan.

Untuk menyelesaikan tujuan dilakukannya *squeeze cementing* diatas hanya dibutuhkan volume semen yang relatif kecil, tetapi harus ditempatkan dititik yang tepat didalam sumur. Untuk itu diperlukan perencanaan yang baik terutama perencanaan bubur semen (*slurry*), pemilihan tekanan, dan penggunaan metode/teknik yang sesuai agar berhasilnya pekerjaan. (Prasetyo, Arief, & Prabu).

2.3.1.3 Komponen dan komposisi semen

Bahan dasar pembuatan semen diambil dari batuan jenis *Calcareous* dan *Argillaceous* seperti *limestone*, *clay* dan *shale*, serta jenis bahanlainnya dengan kandungan kalsium karbonat yang tinggi.

Suspensi semen yang dipompakan ke dalam lubang sumur terdiri dari :

a. Semen

Jenis semen yang biasa digunakan adalah semen *portland*.

b. Additive khusus

Zat tambahan ini digunakan untuk mengatur karakteristik semen, seperti *tickenningtime*, densitas dan *compressive strength*.

c. Air

Air merupakan bagian yang penting dalam penyemenan, sehingga sampel semen dan air harus ditest sebelum digunakan dalam penyemenan yang sebenarnya. (Pamungkas, 2004).

2.3.1.4 Klasifikasi Semen berdasarkan API

API telah melakukan pengklasifikasian semen ke dalam beberapa kelas guna mempermudah pemilihan dan penggolongan semen yang akan digunakan. Pengklasifikasian ini didasari atas kondisi sumur dan sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur tersebut. Kondisi sumur tersebut meliputi kedalaman sumur, temperatur, tekanan, dan kandungan yang terdapat pada fluida formasi, juga berdasarkan atas sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur. (Negara & Hamid, 2015)

Kelas A.

Semen kelas A ini digunakan dari kedalaman 0 (permukaan) sampai 6.000 ft. Semen ini terdapat dalam tipe biasa (*ordinary type*) saja, dan mirip dengan semen ASTM C-150 tipe I.

Kelas B.

Semen kelas B digunakan dari kedalaman 0 sampai 6.000 ft, dan tersedia dalam jenis yang tahan terhadap kandungan sulfat menengah dan tinggi (*moderate* dan *high sulfate resistant*).

Kelas C.

Semen kelas C digunakan dari kedalaman 0 sampai 6.000 ft, dan mempunyai sifat *high-early strength* (proses pengerasannya cepat). Semen ini tersedia dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.

Kelas D.

Semen kelas D digunakan untuk kedalaman dari 6.000 ft sampai 12.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Semen ini tersedia juga dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.

Kelas E.

Semen kelas E digunakan untuk kedalaman dari 6.000 ft sampai 14.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Semen ini tersedia juga dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.

Kelas F.

Semen kelas F digunakan dari kedalaman 10.000 ft sampai 16.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur sangat tinggi. Semen ini tersedia dalam jenis *high sulfate resistant*.

Kelas G.

Semen kelas G digunakan dari kedalaman 0 sampai 4.000 ft, dan merupakan semen dasar. Bila ditambahkan retarder semen ini dapat dipakai untuk sumur yang dalam dan range temperatur yang cukup besar. Semen ini tersedia dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.

Kelas H.

Semen kelas H digunakan dari kedalaman 0 sampai kedalaman 4.000 ft, dan merupakan pula semen dasar. Dengan penambahan *accelerator* dan *retarder*, semen ini dapat digunakan pada range kedalaman dan temperatur yang besar. Semen ini hanya tersedia dalam jenis *moderate sulfate resistant*. (Rubiandini, 2012).

2.3.1.5 Sifat-sifat Semen

A. Densitas

Densitas atau masa jenis memiliki makna sebagai hubungan dari massa dengan volume. Benda yang memiliki densitas yang besar akan memiliki kerapatan massa yang besar. Dengan begitu semakin mampat antara partikel penyusun benda, maka nilai densitas nya semakin besar untuk benda yang sama. (Nurmalasari & Firdausi, 2017)

Dirumuskan sebagai berikut:

$$Dbs = \frac{Gbk+Gw+Ga}{Vbk+Vw+Va} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

Dbs = Densitas Suspensi Semen, ppg

Gbk = Berat bubuk semen, lbs

Gw = Berat Air, lbs

Ga = Berat *additive*, lbs

Vbk = *Volume* bubuk semen, gallon

V_w =Volume air,gallon

V_a =Volume additive,gallon

B. *Thickening Time*

Thickening Time didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh bubuk semen untuk mencapai harga *consistency* 100 BC (*Bearden Unit Of Consistency*). Harga 100 BC tersebut dianggap sebagai batas maksimum dimana bubuk semen biasa masih bisa dipompakan karena bubuk semen didalam hidrasinya dengan air menyebabkan *consistencynya* semakin baik. Harga *consistency* yang dinyatakan dalam BC sebenarnya merupakan harga viskositas dari bubuk semen yang diukur dengan alat *consistometer*. (Martha , Zabidi, & Satiawati, 2015)

C. *Filtration Properties*

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair atau gas) yang membawanya dengan menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain, untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Proses filtrasi air dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti aerasi, saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan arang dan lain – lain. Seiring dengan berkembangnya zaman dan teknologi maka semakin berkembang juga inovasi ilmu tentang filtrasi air, salah satunya adalah dengan media *filter mortar* yang merupakan inovasi terbaru dalam bidang filtrasi air. *Filter mortar* adalah suatu media filtrasi yang terbuat dari campuran agregat halus, pengikat semen dan air dalam perbandingan tertentu. Kemampuan *filter mortar* untuk menghilangkan zat padat halus yang tersuspensi dan koloid sangat dipengaruhi oleh porositas dan permeabilitas. Porositas dapat memberikan gambaran volume pori atau ruang kosong diantara material yang terdapat dalam media *filter mortar*, sedangkan nilai permeabilitas dapat memberikan gambaran kemampuan media *filter* untuk menghantarkan air. Oleh karena itu, penulisan tugas akhir ini meneliti dan membahas nilai permeabilitas dan porositas pada *filter mortar*. Komposisi perbandingan antara semen dan pasir pada setiap filter mortar yaitu 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 dengan nilai faktor air semen yang sama yaitu 0,4, serta komposisi pasir terdiri dari 20% pasir tertahan saringan 0,425 mm, 0,6 mm, 0,85 mm, 1,0 mm dan 1,4 mm (Batu, 1999).

D. Permeabilitas Semen

Permeabilitas merupakan kemampuan pori - pori beton normal dilalui oleh air. Pasta semen yang telah mengeras tersusun atas banyak partikel, dihubungkan antar permukaan yang jumlahnya relatif lebih kecil dari total permukaan partikel yang ada. Air memiliki viskositas yang tinggi namun demikian dapat bergerak dan merupakan bagian dari aliran yang terjadi. Pengujian permeabilitas beton untuk mengetahui pengaruh variasi semen dan agregat atau pengaruh banyaknya ragam operasi pencampuran beton, pencetakan dan perawatan, memperhitungkan informasi dasar pada bagian dalam porositas beton yang relatif berhubungan langsung dengan penyerapan, saluran kapiler, ketahanan terhadap pembekuan, penyusutan, daya angkat dan lain - lain. Faktor yang mempengaruhi kekedapan adalah kualitas material, metode persiapan beton, dan perawatan beton. (Brook K.M, 1991)

2.3.2 Mengubah Zona Produksi ke Zona produksi lain

Alasan diubahnya zona produksi ke zona produksi lain sehubungan dengan zona yang sekarang sudah tidak ekonomis lagi untuk diproduksi karena *Influx* yang sudah kecil sekali disertai dengan energi *reservoir* yang sudah lemah sekali. Biasanya zona ini ditutup sementara dulu sehubungan nilai ekonomisnya sudah kurang, yang nantinya kemungkinan akan dibuka kembali dan diproduksi dengan menggunakan sembur buatan (*artificial lift*).

Menurut (Kaesti, 2011) Tujuan utama dari kerja ulang pindah lapisan untuk membuka lapisan prospek hidrokarbon baru dengan cara menutup lapisan produksi yang sebelumnya dengan laju produksi yang sudah turun. Dasar pemilihan lapisan untuk pekerjaan pindah lapisan ini dengan melihat analisa petrofisik dari log sumur.

2.4 WELL LOGGING

Well logging merupakan suatu teknik untuk mendapatkan data bawah permukaan dengan menggunakan alat ukur yang dimasukkan ke dalam

lubangsumur, untuk evaluasi formasi dan identifikasi ciri-ciri batuan di bawah permukaan

(Schlumberger, 1989).

Tujuan dari *well logging* adalah untuk mendapatkan informasi litologi, pengukuran porositas, pengukuran *resistivitas*, dan kejenuhan hidrokarbon. Sedangkan tujuan utama dari penggunaan *log* ini adalah untuk menentukan zona, dan memperkirakan kuantitas minyak dan gas bumi dalam suatu reservoir.

2.4.1 Log Gamma ray

Log Gamma ray untuk mengukur kandungan radioaktif dari formasi. Pada formasi sedimen *gamma ray* cenderung menunjukkan kandungan shale, karena kandungan radioaktif banyak terdapat pada batuan *shale* ataupun *clay*. *Log gamma ray* dapat di gunakan pada kondisi sumur *cased hole*, yang mana *log* ini sangat berguna pada kegiatan kompleksi ataupun *workover*. (Schlumberger, 1998)

2.4.2 Resistivity Log

Resistivitas dari formasi merupakan kunci dari penentuan saturasi hidrokarbon. *Log resistivitas* ini hanya dapat digunakan untuk membedakan antara hidrokarbon dan air. Ini karena konduktivitas gas dan minyak akan serupa sedangkan resistivitas air dan hidrokarbon akan berbeda secara signifikan (Herriot, 2013)

2.4.3 Density Log

Log densitas terutama di gunakan sebagai *log* porositas kegunaan lain termasuk indentifikasi mineral dalam endapan evaporit, deteksi gas, penentuan hidrokarbon density, evaluasi *shalysand* dan perhitungan *overburden pressure*. (Firdaus, 2018)

A. ANALISIS DATA DAN METODOLOGI

Beberapa langkah pengolahan data meliputi:

1. Identifikasi zona *permeable*

Data *log* digunakan untuk mengidentifikasi zona *permeable* dan *impermeable* adalah data *log* GR. Respon GR yang rendah mengidentifikasikan bahwa pada lapisan tersebut merupakan lapisan yang

permeable, sedangkan respon GR yang tinggi mengidentifikasi bahwa pada lapisan tersebut merupakan lapisan *impermeable*. Data *log* GR dipadukan dengan data dari *log* SP. Data *log* GR dipakai untuk menentukan *volume shale*. Untuk lapisan yang *permeable log* SP tergantung dari nilai R_{mf} dan R_w pada lapisan tersebut.

$$V_{shale} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \dots \dots \dots (2)$$

2. Identifikasi zona hidrokarbon

Setelah diketahui lapisan mana yang merupakan *reservoir*, selanjutnya dicari lapisan mana yang terisi hidrokarbon. Data *log* yang digunakan untuk mengidentifikasi *reservoir* yang mana mengandung hidrokarbon adalah data *log* resistivitas, densitas, dan neutron. Untuk lapisan yang terisi hidrokarbon, *log* resistivitas menunjukkan respon yang tinggi, dan ada separasi positif antara *log* neutron dan densitas, sedangkan untuk lapisan yang mengandung air, *log* resistivitas menunjukkan respon yang rendah serta antara *log* densitas dan neutron berhimpitan ataupun menunjukkan separasi negative.

3. Pemisahan zona minyak dan gas

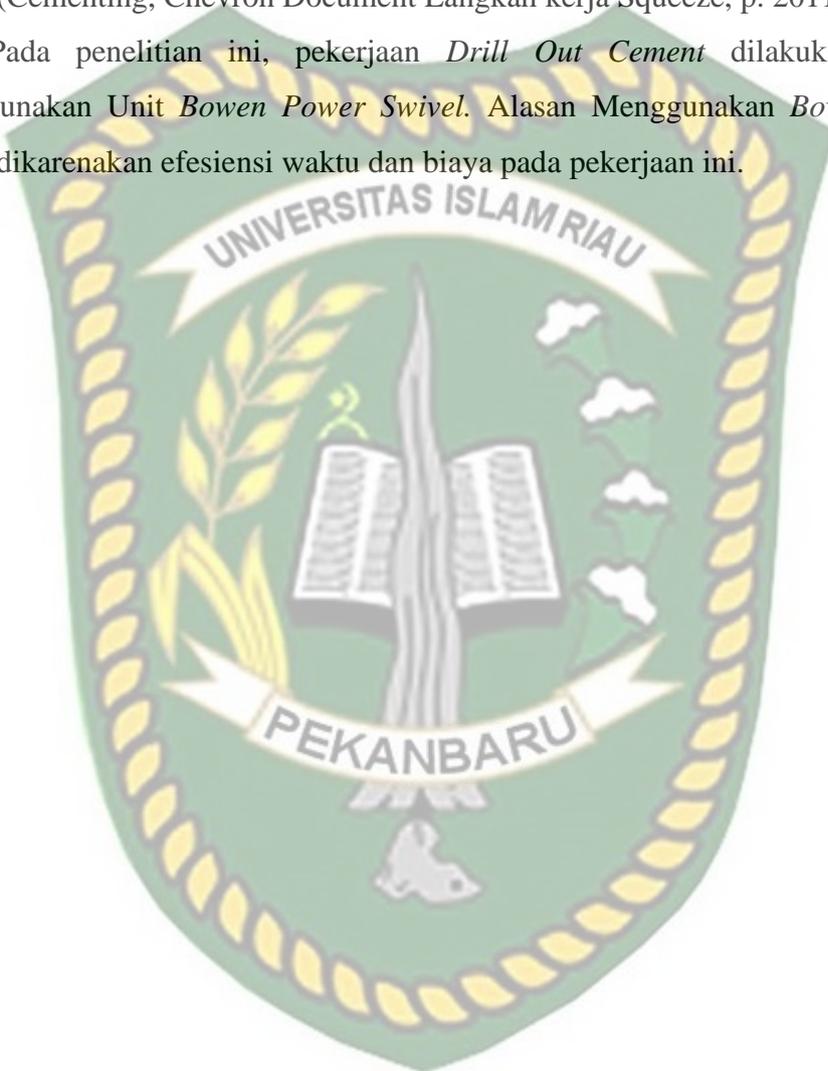
Setelah diketahui lapisan mana yang mengandung hidrokarbon, selanjutnya diidentifikasi jenis hidrokarbon yang mengisi lapisan tersebut. Secara kualitatif data *log* yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis hidrokarbon adalah data *log* densitas, dan neutron. Untuk membedakan lapisan yang terisi gas dan minyak, digunakan separasi positif antara *log* densitas dan neutron. Untuk gas menunjukkan respon resistivitas yang lebih tinggi, dan separasi positif *log* densitas-neutron yang lebih tinggi, dan separasi positif *log* densitas-neutron yang lebih besar dari pada minyak. Secara kuantitatif nilai $S_w < 25\%$ dianggap sebagai gas, $25\% < S_w < 75\%$ dianggap minyak, $S_w > 75\%$ dianggap sebagai air.

2.5 Drill Out Cement

Drill Out Cement (DOC) adalah suatu pekerjaan pengeboran dalam *casing* yang dilakukan setelah pekerjaan penyemenan (*squeeze cementing*) dengan tujuan untuk menghancurkan semen menjadi *cutting cement* didalam sumur dan di

sirkulasikan permukaan dengan menggunakan fluida (air). Peralatan pemboran yang digunakan adalah terdiri dari yang diputar dengan menggunakan *prime mover*(*rotary table*) atau yang diputar menggunakan *hydraulic Bowen Power Swivel*(Cementing, Chevron Document Langkah kerja Squeeze, p. 2011)

Pada penelitian ini, pekerjaan *Drill Out Cement* dilakukan dengan menggunakan Unit *Bowen Power Swivel*. Alasan Menggunakan *Bowen Power Swivel* dikarenakan efisiensi waktu dan biaya pada pekerjaan ini.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :



SPESIFIKASI DAYA SWIVEL

MODEL NOMOR	PS85
NOMINAL LOAD PENILAIAN (ton)	85
DYNAMIC LOAD PENILAIAN @ 100 RPM (ton)	45
MAKSIMAL TORQUE (ft-lbs)	3 960
MAXIMUM SPEED (rpm)	155
MAXIMUM TEKANAN YANG BEREDAR	5 000
STANDAR STEM CONNECTION	2-7/8 IF
GOOSENECK CONNECTION	2-1/2 NPT
SWIVEL KEPALA MAJELIS BERAT (lbs)	1163

DAYA UNIT & KONTROL SPESIFIKASI

MODEL NOMOR	PS85
MESIN DIESEL *	4BTA
ENGINE CONT HP @ 2000 RPM	83
HYDRAULIC OUTPUT (max gpm / max psi)	43/5000

* Pilihan Cummins, Caterpillar / Perkins, atau John Deere

Gambar 2.2Spesifikasi *Bowen Power Swivel* yang digunakan disumur AF

- a. Kelebihan penggunaan *Bowen Power Swivel* pada pekerjaan DOC
 1. Dari segi harga pembelian dan sewa lebih murah dari *rotary table*
 2. Dari segi waktu perpindahan waktu yang digunakan lebih sedikit dari *rotay table* komplet.

3. Dari segi *transport* yang digunakan BPS hanya menggunakan *tandem* sedangkan *rotary table* komplit menggunakan *lowpad*.
4. Dari segi penggunaan lebih efisien dan lebih ekonomis dibanding dengan *rotary table*.

b. Kekurangan penggunaan *Bowen Power Swivel* pada pekerjaan DOC

1. Dalam segi torsi *Bowen Power Swivel* memiliki batasan.
2. Nilai *Maximum Hoisting capacity* tidak terlalu besar

Pada dasarnya pekerjaan pemboran dapat dikategorikan menjadi dua skala yaitu (Hamid & Rosyidan, 2017):

a. Pemboran Skala Kecil

Pemboran Skala kecil ini merupakan pekerjaan pemboran yang pekerjaannya tidak terlalu berat, dalam artian pekerjaannya tidak membutuhkan tenaga yang terlalu besar. Contohnya pekerjaan *Drill Out Cement* ini.

b. Pemboran Skala Besar

Pemboran skala besar merupakan pemboran awal yang dilakukan untuk membuat pekerjaan sumur baru. Pekerjaan ini harus menggunakan tenaga yang sangat besar baik itu dari *Torque*, *Power System* dan *Substructure Unitnya*.

Pada setiap kali dilakukan operasi pemboran, selalu diusahakan agar laju pemboran yang diperoleh adalah laju pemboran yang optimum. Suatu operasi pemboran dikatakan memiliki laju pemboran yang optimum apabila waktu penyelesaiannya cepat dan tujuan pemboran tercapai dengan baik sesuai dengan rencana.

Maksud dan tujuan perencanaan laju penembusan optimum ini adalah untuk meminimalisir segala macam masalah pemboran tentunya dengan melakukan berbagai macam optimasi diberbagai aspek pemboran, dengan tujuan untuk meminimalisir biaya dan waktu pemboran.

Untuk mendapatkan waktu penyelesaian yang cepat dan biaya yang murah harus dilakukan suatu perencanaan laju penembusan atau *rate of penetration* (ROP) agar didapatkan hasil yang optimum. Untuk merencanakan ROP yang

optimum diperlukan parameter-parameter yang mempengaruhi, meliputi: mekanika batuan, kondisi bawah permukaan, lumpur pemboran, hidrolika pemboran, mekanika *drill string*, model penghancur batuan, tipe-tipe *bit*, mekanika penghancur pada *bit*, serta kondisi operasi *bit* (WOB&ROP).

2.5.1 Rate Of Penetration

Rate of Penetration merupakan pertambahan kedalaman yang ditembus per satu satuan waktu. ROP dipengaruhi oleh : dari segi manusianya (*personnel efficiency*), karakteristik formasi maupun teknisnya, pengalaman dan keahlian juga sangat berpengaruh (Monazami, Hashemi, & Shahbazian, 2012). Adapun persamaan dalam menentukan ROP ini yaitu:

$$ROP = 1,5 \frac{NF^2}{D^3S^2} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- N = Laju putaran, rpm
- D = Diameter lubang bor, in
- S = kekuatan batuan
- F = *Weight on bit*, lb

2.5.2 WEIGHT ON BIT (WOB)

Beban pada pahat atau *weight on bit* (WOB) merupakan beban yang diberikan pada batuan yang arahnya vertikal ke bawah atau ke arah horizontal bila pada pemboran horizontal, apabila batuan diberi beban yang melebihi kemampuan batuan akan menyebabkan batuan menjadi pecah (Gormon, Don A, 1983). Adapun beban yang diberikan tergantung dari formasi batuan yang akan ditembus dan jenis pahat yang dipergunakan. Akan tetapi dari penambahan WOB harus diimbangi dengan kemampuan pengangkatan *cutting* dari dasar lubang. Jika pengangkatan *cutting* tidak bagus dapat menyebabkan gigi mata pahat menghancurkan *cutting* berkali – kali (penggerusan berulang), hal ini dapat menyebabkan laju pemboran menurun. Apabila faktor – faktor lain diabaikan, dan dianggap hanya WOB saja yang mempengaruhi laju pemboran, maka secara matematis dapat ditulis hubungan sebagai berikut :

$$\text{ROP} = a + bw \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

a,b = Konstanta yang tergantung pada sifat formasi, ukuran dan jenis pahat,

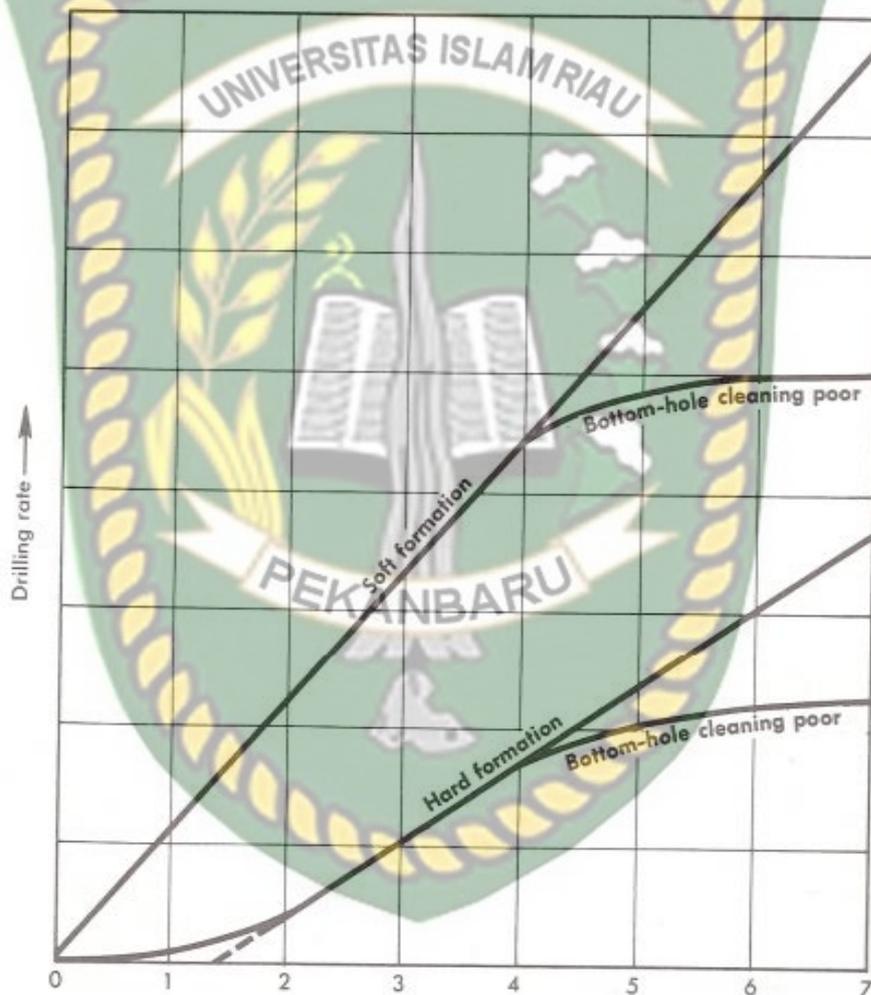
w = beban pada mata bor, lb

ROP = laju penembusan, ft/hr



Gambar 2.3 Drill Collar

Dalam kondisi normal, biasanya WOB yang efektif dan aman diberikan berkisar antara 70% - 80% dari berat *drill collar* yang digunakan, hal ini dimaksudkan supaya rangkaian *drill pipe* bisa tetap kaku dan diharapkan arah pemborannya lurus sesuai yang diinginkan. Secara teoritis, semakin besar WOB yang diberikan pada pahat maka makin cepat laju pemboran. Hubungan antara WOB dengan laju penembusan batuan dapat dijelaskan pada Gambar berikut:



Gambar 2.4 Hubungan Laju Pemboran dengan besarnya WOB

Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk formasi yang lunak, kurva WOB vs laju penembusan akan lurus (*linear*), tetapi pada batas tertentu kurva tidak lurus lagi karena hidrolika pahat tidak mampu mengimbangi kecepatan pembentukan *cutting*, sehingga terjadi proses *regrinding* atau *re-cutting*. Pada saat itu kurva terlihat tidak *linear* lagi dan menurun. Sedangkan untuk formasi yang

keras, mula-mula WOB harus melawan kuat tekan dari batuan, sehingga pada kurva tersebut tidak *linear*. Setelah *compressive strength* batuan terlampaui, maka peningkatan WOB akan sebanding dengan laju penembusan (Gormon, Don A, 1983). Apabila tidak diimbangi dengan peningkatan pembersihan serbuk bor (*cutting*), maka pada suatu saat laju penembusan menurun.

2.5.3 ROTATING PER MINUTE (RPM)

Kecepatan Putar atau *Rotating Per Minute* (RPM) menyatakan jumlah putaran dari meja putar dalam waktu satu menit yang diteruskan pada rangkaian pipa bor termasuk pahat. Dengan kecepatan putar tersebut, rangkaian pipa bor dan pahatnya ikut berputar sehingga batuan formasi dapat dihancurkan dan ditembus. Apabila faktor – faktor yang lain tetap dan debit lumpur cukup untuk membersihkan dasar lubang bor, maka laju penembusan akan bertambah dengan naiknya RPM. Keadaan lapisan yang ditembus akan mempengaruhi kecepatan dari pemboran, dimana lapisan tersebut akan dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Lapisan yang lunak

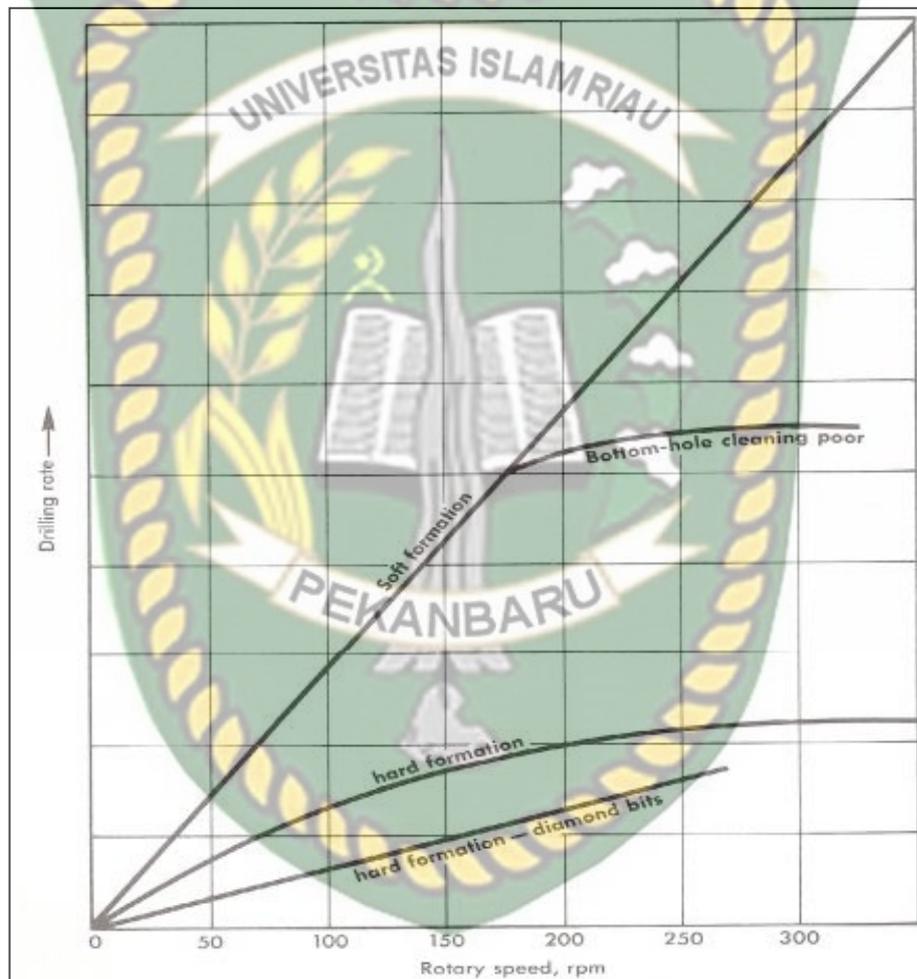
Biasanya diberikan pemberian putaran (RPM) yang besar dan pemberian WOB yang kecil. Bila pemberian beban pada pahat besar, maka akan terjadi *balling* pada mata pahat, karena banyaknya serbuk – serbuk bor yang dihasilkan tetapi kemampuan membersihkan lubang bor kurang sempurna.

2. Lapisan keras

Pada lapisan yang keras, maka pemberian putaran (RPM) pada pahat kecil, dan untuk mendapatkan kecepatan pemboran yang baik diberikan beban (WOB) pada pahat yang besar, sehingga dengan demikian dari lapisan keras akan memberikan reaksi terhadap mata bor.

Hubungan antara putaran pahat dengan laju penembusan ditunjukkan pada Gambar Pada gambar tersebut, laju pemboran sangat baik pada formasi lunak dimana putaran meja (RPM) berbanding lurus dengan penambahan laju penembusan. Adanya pembersihan lubang bor dari *cutting* yang kurang baik juga berpengaruh terhadap laju penembusan, dapat menyebabkan laju penembusan menurun. Sedangkan pada formasi yang keras, dengan penggunaan pahat yang

sama laju pemboran tidak *linier* lagi. Peningkatan laju pemboran yang sebanding dengan penambahan RPM hanya sampai pada batas tertentu saja, kemudian pada saat tertentu tidak terjadi peningkatan laju penembusan lagi (konstan). Hal ini tidak akan sama jika menggunakan *diamond bit*. Penambahan RPM akan mengakibatkan laju pemboran bertambah (berbanding lurus) mengingat *diamond bit* lebih tahan lama pada sifat *abrasiveness* dari batuan formasi.



Gambar 2.5 Hubungan Laju Pemboran dengan besarnya RPM

2.5.4 Pengenalan Rotary Equipment

Fungsi utama *Rotary Equipment* adalah untuk memutar rangkaian pipa bor dan memberikan Pemberat diatas pahat saat pemboran. Sistem pemutar ini terdiri dari empat sub komponen utama (Rubiandini, 2012)

- a. *Swivel*

- b. *Rotating Assembly (Unit Pemutar)*
- c. *Drill Stem (Batang Bor)*
- d. *Bit (Mata Bor)*

Peralatan putar berfungsi untuk :

- a. Memutar rangkaian pipa bor selama operasi pemboran berlangsung.
- b. Menggantungkan rangkaian pipa bor yaitu dengan *slip* yang dipasang (dimasukkan) pada *rotary table* ketika menyambung atau melepas bagian-bagian *drill pipe*.

Rangkaian pipa bor menghubungkan antara *swivel* dan mata bor, berfungsi untuk :

- a. Menaikkan-menurunkan mata bor.
- b. Memberikan beban diatas pahat untuk penembusan (*penetration*).
- c. Meneruskan putaran ke mata bor dan, Menyalurkan fluida pemboran yang bertekanan ke mata bor

2.2.4.1 *Rotary Table*

Rotary table (meja putar), dipasang diatas lantai bor di dalamnya terdapat *master bushing*. Pada *master bushing* terdapat *box* yang dimasuki oleh *pin* dari *kelly bushing*. Sehingga bila *rotary table* berputar, *master bushing* berputar, dan *kelly bushing* akan berputar (Rubiandini, 2012)

Alat ini dipasang pada lantai bor dan posisi tegak lurus dengan *traveling block*. Bagian tengah dari *rotary table* terdapat lubang, dan *master bushing* dipasang di dalamnya. *Rotary table* harus dibersihkan dari lumpur yang tercecer, agar operator lantai bor tidak terpeleset pada waktu bekerja di lantai bor. Pembersihannya dilakukan dengan semprotan air.

Ukuran dan kapasitas beban *rotary table* berkisar antara 100 sampai 600 ton. Kecepatan putaran pengeboran berkisar antara 35 sampai 200 putaran permenit searah jarum jam. Kecepatan diatur oleh *Driller*, tergantung pada tipe mata bor yang dipakai dan lapisan yang ditembus. Sistem penyaluran tenaga ke meja putar melalui dua cara yaitu (Rubiandini, 2012):

- a. *Master bushing* (bantalan utama) adalah alat yang dapat dilepas dan diganti dengan ukuran yang sesuai dengan lubang pada meja pemutar dan kebutuhan operasi. Alat ini menjadi tempat kedudukan salah satu dari dua alat-alat

perlengkapan pemutar yaitu *kelly bushing* atau *rotary slip*. *Kelly* dimasukkan melalui bantalan *kelly*, bantalan utama dan meja putar. Kemudian tenaga putar (gerakan berputar) diteruskan dari meja pemutar ke *kelly* dan batang bor dibawahnya. Apabila slips pemutar dimasukkan kedalam bantalan utama, akan dapat dipakai untuk menggantung batang bor pada saat penambahan atau pengurangan bagian-bagian dari batang bor. Dapat menahan karena memiliki gigi-gigi yang tajam dan bentuk yang tirus (*dies*). *Rotary slips* disisipkan kedalam bantalan utama sekeliling batang bor sehingga batang bor tergantung bebas didalam sumur bor. Ada dua tipe dasar dari *master bushing* (bantalan utama), yaitu : tipe utuh (*solid*) dan tipe dua bagian atau tipe terbelah (*split*).

- c. *Kelly bushing* ini adalah alat yang dipasang masuk ke dalam *master bushing* untuk menyalurkan gaya putar pada *kelly* dan batang bor sewaktu mengebor sumur bor (lubang). Lubang pada *kelly bushing* ini berbentuk sama dengan bentuk *kelly* yang dipakai persegi, segitiga atau segi enam.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Perencanaan *Drill out Cement* pada pekerjaan *Workover* dengan menggunakan *Bowen Power Swiveldi* sumur ‘AF’. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Data yang digunakan adalah data primer yang didapat dari sumber yang terpercaya.

3.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Data yang diperoleh oleh penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini diperoleh dari hasil peninjauan lapangan pada tanggal 1 November 2018 – 1 Januari 2019. Tempat penelitian dilakukan di PT General Buditekindo (GBT).

3.2 Jadwal Penelitian

Tabel 3.1Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)							
	November				Desember			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur								
Studi Lapangan								
Analisis Studi Kasus								
Hasil dan Pembahasan								

3.3 Data Lapangan AF

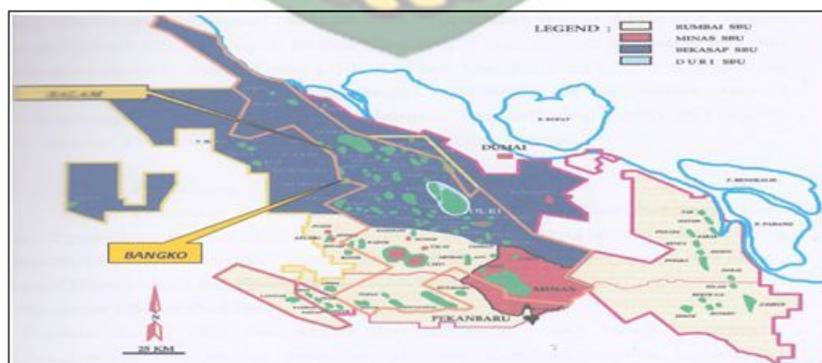
3.3.1 Sejarah Lapangan AF

Lapangan “AF” termasuk dalam kawasan lapangan minyak Bangko. Berdasarkan pemetaan yang dilakukan oleh W.E. Nygren pada tahun 1938

disimpulkan bahwa struktur di lapangan minyak Bangko adalah antiklin. Pada tahun 1938 W.F. Krijen dari *Nederlandsche Pacific Maatschappij* (NPM), yang merupakan cikal bakal PT. Caltex Pacific Indonesia, dan mulai melakukan studi yang lebih detail mengenai antiklin Bangko. Dari hasil studi tersebut ditetapkan pemoran di dekat daerah sebelah selatan Bangko.

3.3.2 Sejarah Pengembangan Lapangan AF

Lapangan “AF” terletak di kabupaten Rokan Hilir kurang lebih 130 km ke arah Utara yang ditunjukkan pada (Gambar 3.1). Area ini ditemukan pada tahun 1941 dan mulai berproduksi pada tahun 1958. Area yang produktif dari lapangan ini adalah sepanjang 18 km dan lebar 8 km. Lapangan “AF” telah memberikan sumbangan yang cukup besar terhadap produksi minyak Indonesia, yaitu sebesar 9% dari 42% total produksi minyak PT. CPI. Akan tetapi, sangat disayangkan bahwa produksi minyak di lapangan ini mulai mengalami penurunan pada tahun 1964. Lapangan “AF” menghasilkan minyak yang dikenal dengan nama Sumatera *Light Oil*. Peta lokasi lapangan minyak “AF” ditampilkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1Peta Lokasi Lapangan Minyak ‘AF’

Sejarah dunia perminyakan di Sumatera Tengah hingga abad yang bar

u ini telah memakan waktu hampir delapan dekade. Berawal dari suatu ekspedisi tim eksplorasi SOCAL (*Standard Oil of California*, sekarang *Chevron Overseas Petroleum Inc.*) pada tahun 1924 untuk mencari daerah eksplorasi baru di tengah belantara Sumatera. Hingga saat ini, cekungan Sumatera Tengah masih merupakan daerah penyumbang minyak bumi terbesar yang sebagian besar konsesinya dimiliki oleh PT. Chevron Pacific Indonesia.

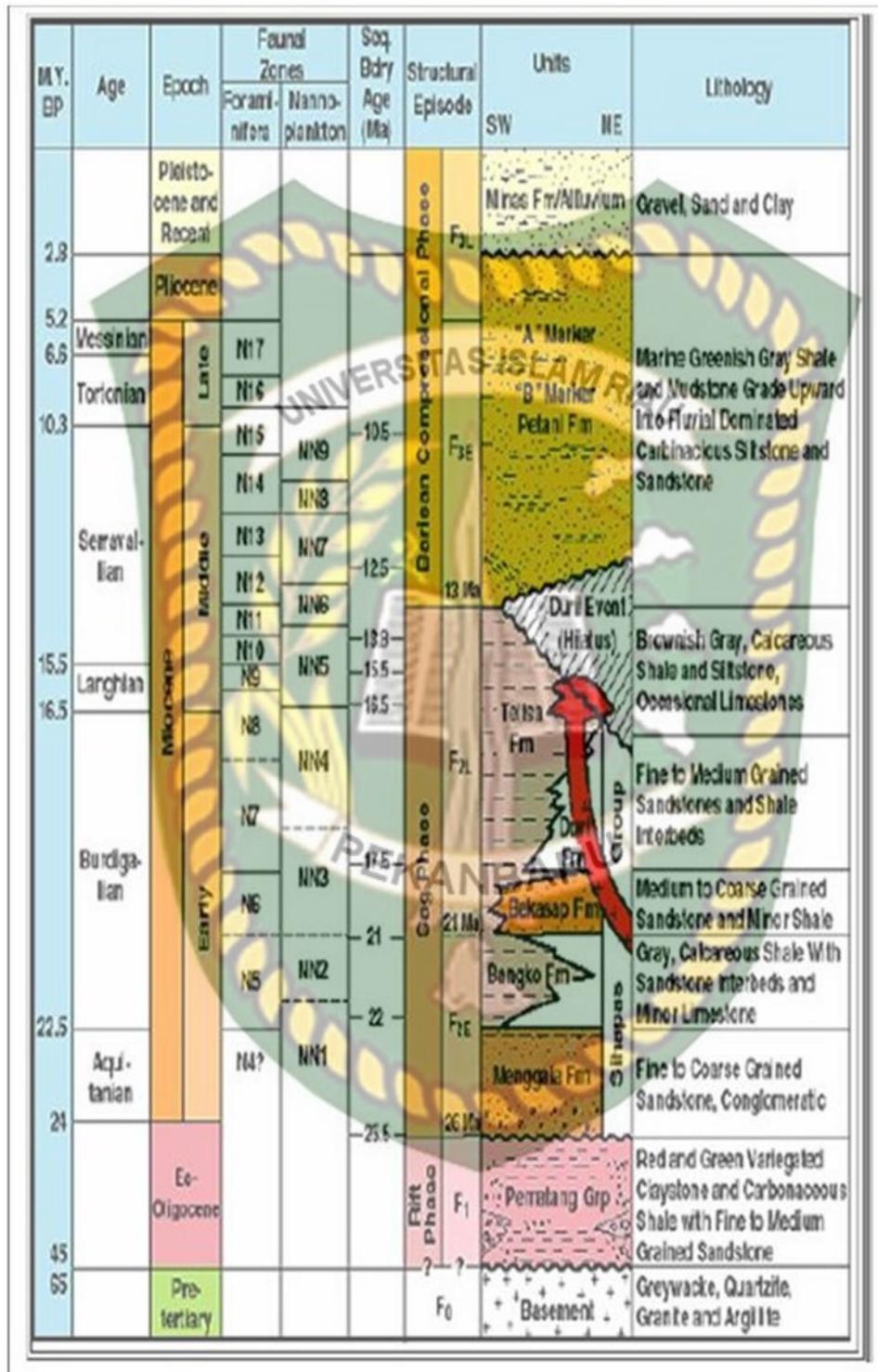
3.3.3 Keadaan Geologi

Pada sub bab ini akan disajikan informasi mengenai stratigrafi dan kondisi struktur dari Lapangan “AF”.

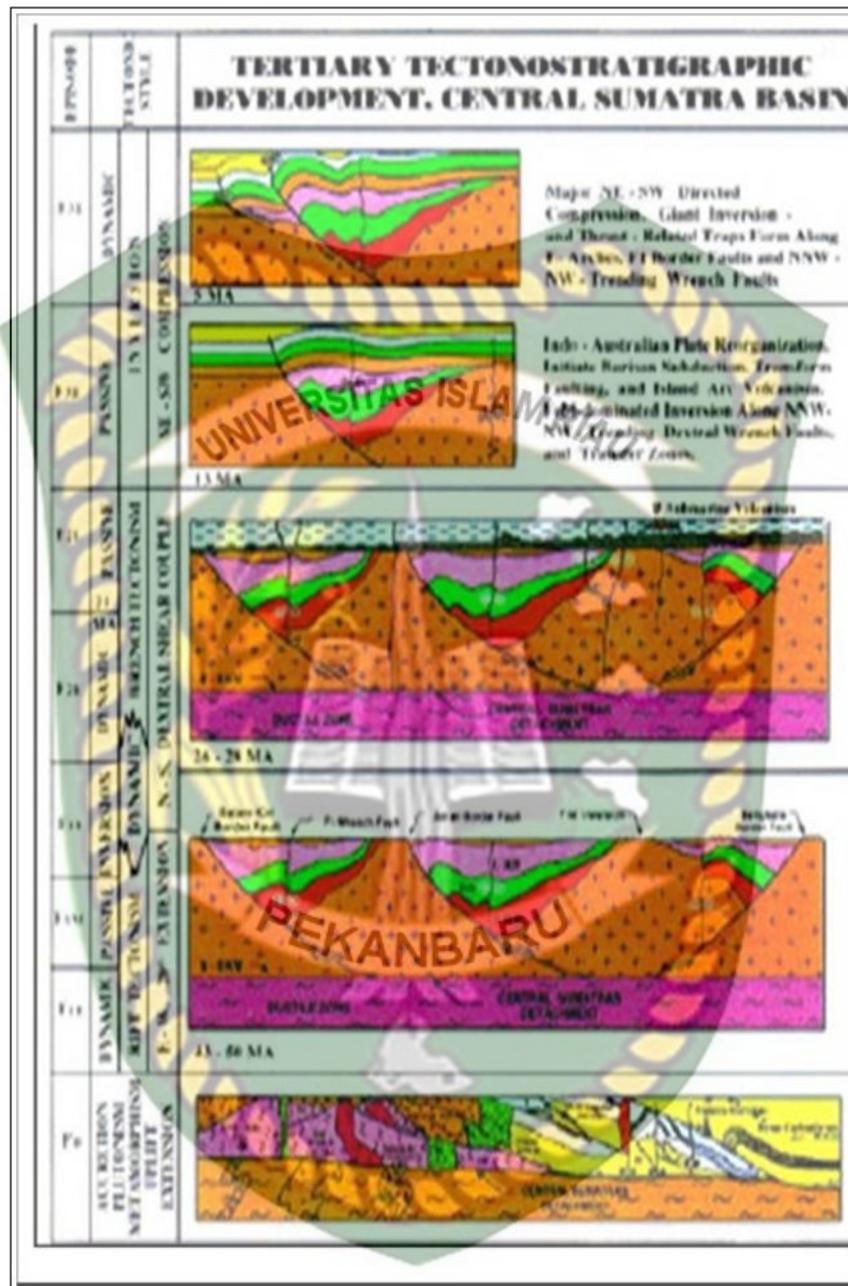
3.3.4 Struktur Geologi

Struktur geologi di Lapangan “AF” berupa antiklin yang mempunyai panjang sekitar 18 km dan lebar 8 km. Sayap bagian Timur di lapangan ini berupa homoklin dengan kemiringan 3° - 5° , sedangkan di bagian Tengah dan Barat strukturnya lebih kompleks karena adanya sesar berarah barat-timur (Gambar 3.3.). yang merupakan sesar geser kanan regional di lapangan ini membatasi pola struktur yang ada di sayap barat dengan sayap timur sekaligus juga sebagai batas lapangan. Struktur sesar menjadi kompleks yang disebabkan oleh interaksi antara tektonik translasi dan ekstensi. Sesar-sesar tersebut mempunyai *dip* antara 65° sampai vertikal dengan pergeseran vertikal semu antara 10-100 meter (batas sepuluh kaki merupakan batas minimal yang dapat dipetakan). Pada umumnya Pembentukan struktur, migrasi minyak dan penjebakannya (*trapping*) terjadi pada Miosen Akhir – Pliosen Awal

Dokumen ini adalah Arsip Miik :



Gambar 3.2 Statigrafi Cekungan Sumatera Tengah



Gambar 3.3 Struktur Geologi Cekungan Sumatera Tengah

3.3.5 Statigrafi

Dari lima buah sumur minyak di Lapangan “AF” yang telah menembus batuan dasar Pra-Tersier pada kedalaman 1600-2700 kaki diketahui bahwa batuan dasar di Lapangan “AF” terdiri atas *granit, tufa kristalin, dan grafit skis*. Sepanjang ini tidak pernah dilakukan perhitungan perkiraan sumur batuan dengan *radiometric* di Lapangan “AF”. Namun demikian, batuan metamorf

di Sumatera Tengah pada umumnya berumur Karbon – Jura sedangkan intrusi granit berumur Eosen. Tidak ada minyak yang bernilai ekonomis dari batuan dasar tersebut.

Hampir seluruh formasi yang ada di Cekungan Sumatera Tengah dapat dijumpai pada sumur-sumur di Lapangan “AF”. Secara stratigrafi, formasi-formasi yang terdapat pada lapangan ini antara lain dapat dilihat pada (Gambar 3.2.)

Formasi Pematang, Formasi Manggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri, Formasi Telisa dan Formasi Petani Gas.

Sumur yang akan dilakukan perencanaan berada di Formasi Bangko. Formasi ini berumur Miosen Awal (N5) yang diendapkan selaras di atas formasi Menggala. Litologinya berupa serpih abu-abu yang bersifat gampingan berseling dengan batupasir halus-sedang. Formasi ini diendapkan pada lingkungan *estuarine* dengan ketebalan mencapai 300 kaki.

3.3.6 Karakteristik Reservoir

Karakteristik dari reservoir di lapangan “AF” berdasarkan pada wadah, isi dan kondisi yang ada pada lapangan tersebut.

3.3.7 Karakteristik Batuan Reservoir

Sumur kajian di lapangan “AF” terletak pada lapisan D, lapisan penghasil minyak dan air struktur D berasal dari formasi Manggala berdasarkan evaluasi geologi formasi manggala yang lapisannya sudah terbukti menghasilkan minyak adalah lapisan B, C, D1 dan D2 formasi manggala ini tersusun atas batuan pasir halus kasar bersifat konglomeratan yang diendapkan pada *fluvial-braided stream* dan secara lateral ke arah utara berubah menjadi marine deltaic. Formasi ini berubah secara lateral dan vertikal ke arah Barat menjadi *marine shale* yang termasuk dalam formasi Bangko.

3.3.8 Karakteristik Fluida Reservoir

Pada umumnya di lapangan “AF” ini fluidanya yaitu minyak, air dan gas untuk perhitungan *original oil in place* (OOIP) nya menggunakan persamaan. Dengan pada saat awal Produksi (1969) = 10855 BFPD.

Kondisi suatu reservoir tergantung pada tekanan dan *temperature* di mana semakin dalamnya suatu lubang bor maka semakin tinggi tekanan dan *temperature* pada reservoir ini temperaturnya berkisar antara 200 – 300° F dengan tekanan 2000- 4000 psi.

3.3.9 Sejarah Produksi Lapangan ‘X’

Sumur pada lapangan “X” merupakan salah satu sumur yang mulai berproduksi pada Tahun 1969. Perforasi dilakukan pada formasi Menggala dengan produksi awal pada Tahun (1969) = 10855 BFPD sumur ini di selesaikan sebagai penghasil minyak. Sumur di lapangan ini menggunakan *stem* produksi *artificial lift* berupa pompa ESP.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

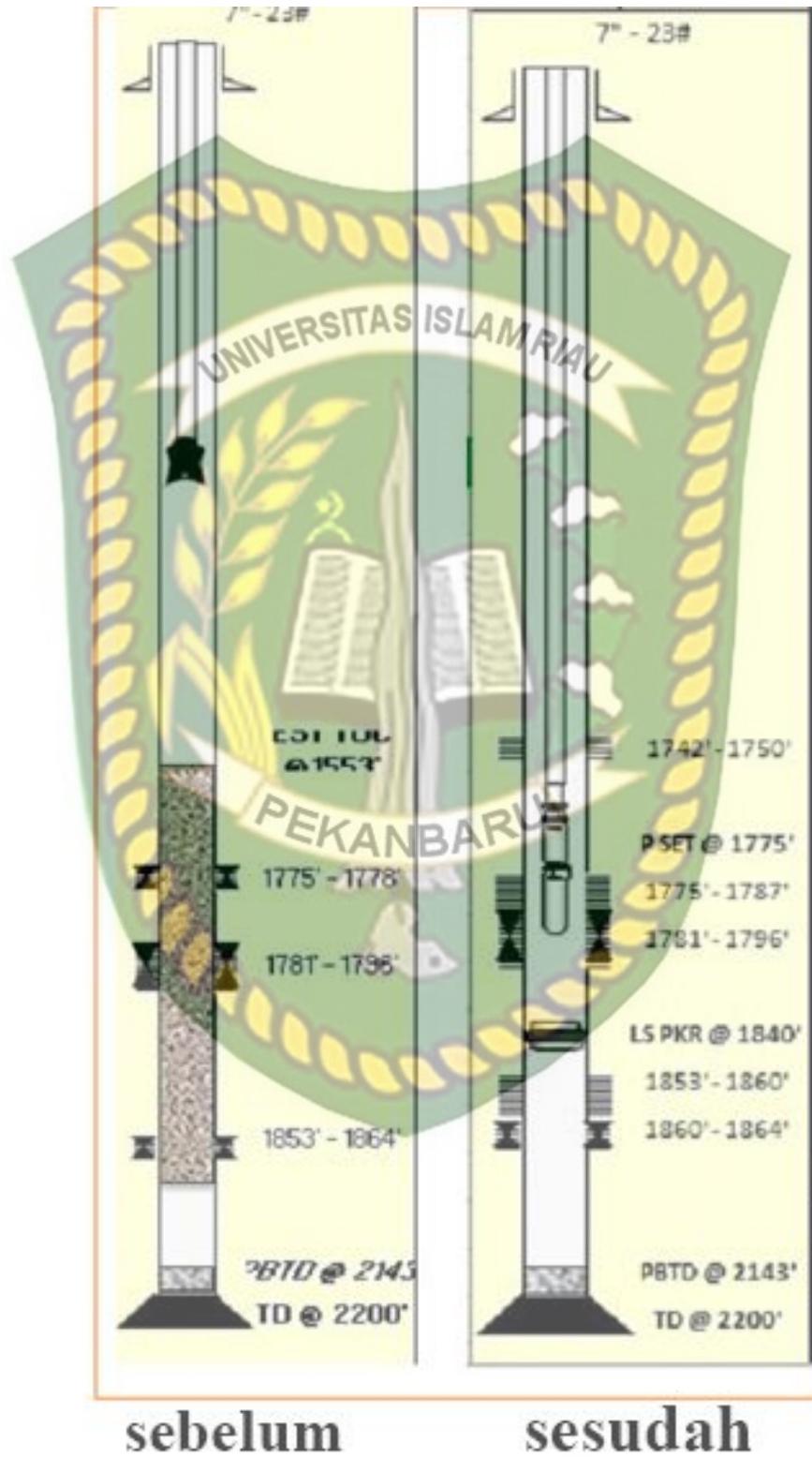
Sumur AF adalah sebuah sumur baru yang dibor pada juli 2012 dan merupakan bagian dari Bangko *region-6 development well project*. Sebelum dilakukannya pekerjaan *Drill Out Cement* (DOC), perlu diperlihatkan *historical* dari kegiatan produksi sumur tersebut. *Historical* ini dapat dilihat pada gambar berikut:

waktu	BFPD	Bopd	WC
3-Oct-12	3627	0	99,9
17-Sep-12	3445	11	99,7
6-Aug-12	3224	0,04	99,0

Gambar 4.1 *Production test history* sumur AF

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa *history* dari *production test* yang dilakukan dari bulan Agustus-Oktober. Dari tabel ini, awal kompleksi sumur ini diproduksi secara *commingle* dari lapisan D1680'SD dan D1600'SD. Tapi awal dilakukan pengetesan di 6 agustus 2012 dihasilkan produksinya *high watercut* dengan perolehan BOPD nya 0.04 dan dilakukan kembali pada tanggal 17 september yang mengalami peningkatan pada perolehan *Oil* nya yaitu 11 Bopd lalu pengetesan terakhir dilakukan dengan hasil 0 Bopd pada 3 okttober 2012. Berdasarkan pada *swab* data masing-masing interval juga menghasilkan produksi *high water cut*. Dan setelah dilakukan *review* secara detail, dengan keyakinan masih ada nya minyak di lapisan D1600'SD dan D1680'SD pada sumur BO295, disertai dukungan data log dan data sumur sekitar BO295, diantaranya terdapat sumur BO296 dimana di lapisan yang sama diperoleh laju alir produksi 3.864 Bfpd: *flowrate oil* 88 Bopd dan *water cut* 98%. Di samping itu *open hole log* menggambarkan prospek yang baik terhadap lapisan Telisa D 1560' SD dan sampai sekarang lapisan ini belum dibuka. Maka dari itu akan dilakukan pekerjaan perforasi ulang dan perforasi baru. Dengan kondisi sumur saat ini, seluruh interval yang ada akan ditutup atau *disqueeze cementing*, lalu dilakukan analisa terhadap lapisan yang akan diproduksi kembali.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :



Gambar 4.2 Sebelum dan sesudah di lakukan nya pekerjaan *drill out cement* di Sumur "AF"

Dari gambar 4.2 di atas, direkomendasikan untuk menutup lapisan D1680'SD, D1600'SD dan perforasi ulang lapisan D1680'SD pada kedalaman interval 1853'-1860' ft dan D1600'SD pada kedalaman interval 1775'-1787'ft dan juga diperforasi pada lapisan Telisa 1560'SD pada kedalaman interval 1742'-1750'ft.

Setelah dilakukan penyemenan, perlu dilakukan pekerjaan *Drill Out Cement* untuk membersihkan lubang *casing* dari semen, untuk itu perlu dilakukan perencanaan terhadap pekerjaan *drill out cement* (DOC) disumur AF untuk mengetahui kemampuan dari pada *Bowen Power Swivel*.

Tabel 4.1Data well integrity sumur AF

<i>Total Depth (TD), ft</i>	2200
<i>Plug Bottom Total Depth (PBSD), ft</i>	2143
<i>Well Bore Size, Inch</i>	7-23#
<i>String Size, Inch</i>	3.5
<i>Down Hole Equipment</i>	7" Cup Packer
<i>Interval, ft</i>	1775'-1778', 1781'-1796', 1853'-1864'
<i>RT-GL, ft</i>	19,5
<i>Flange size, Inch</i>	7" - 2000 psi
<i>Tubing capacity, bbl/ft</i>	0.0087
<i>Casing capacity, bbl/ft</i>	0.0394
<i>Annulus capacity, bbl/ft</i>	0.0275

4.1 Perencanaan DOC

Sebelum dilakukan nya perkerjaan *Drill out cement* perlu diketahui data interval sumur yang akan di lakukan *squeeze cementing*. Berikut data interval perforasi sumur yang akan disqueeze *cementing*:

Tabel 4.2Data interval perforasi sumur AF

<i>Interval length</i>		
Interval	1775'-1778'	3 ft
Interval	1781'-1796'	15 ft
Interval	1853'-1864'	11 ft
Total		29 ft
SPF		5 hole
<i>Total hole</i>		145 hole

Penentuan Jumlah Aditive

Cement additive adalah suatu zat kimia sebagai pencampur semen sehingga dengan dilakukannya pencampuran zat-zat kimia tertentu dapat diperoleh dari hasil penyemenan sesuai yang diinginkan.

Dari data diperoleh jenis bahan kimia yang digunakan adalah *based fluid* sebesar = 4740 gps, *chemical* = 5080 gps, *fluid loss control agent* = 0.230 gps, *friction reducer* = 0.050 gps, *retarder* = 0.045 gps dan *defoamer* = 0.010 gps.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan *design squeeze off interval* sumur AF

<i>CIC stg I</i>	5.75 bbls
<i>CIF stg I</i>	4.54 bbls
<i>Total slurry stg I</i>	10.29 bbls
<i>CIC stg II</i>	6.93 bbls
<i>CIF stg II</i>	4.27 bbls
<i>Total slurry stg II</i>	11.21 bbls
<i>Grand Ttl. Slurry</i>	21.50 bbls
<i>Ttl. Cmt. Required</i>	105 sack
<i>Displacement I</i>	53.81 bbls
<i>Displacement II</i>	41.31 bbls
<i>Slurry grad</i>	0.826 psi/ft
<i>Fract. Press</i>	1316 psi
<i>Max. sqz. Press</i>	1185 psi

Tabel 4.4 Hasil perhitungan *Additive* yang digunakan pada sumur AF

<i>Based fluid</i>	4.740 gps	Air	11.85 bbls
<i>Based fluid</i>	5.080 gps	<i>Chemical fluid</i>	12.7 gals
<i>Fluid loss control</i>	0.230 gps	Halad 344 L	24.15 gals
<i>Friction reducer</i>	0.050 gps	CFR – 3L	5.25 glas
<i>Retarder</i>	0.045 gps	HR – 6L	4.72 gals
<i>Defoeamer</i>	0.10 gps	D-Air 2	1.05 gals

Dari hasil desain *squeeze cementing* di sumur AF ini merupakan dasar dari pada untuk melakukan perencanaan DOC di sumur AF, dengan diketahuinya estimasi TOC berapa jumlah *drill pipe* dan *drill collar* yang akan digunakan dapat diketahui serta ukuran *bit* yang digunakan diperoleh dari ukuran *casing* produksi yang digunakan.

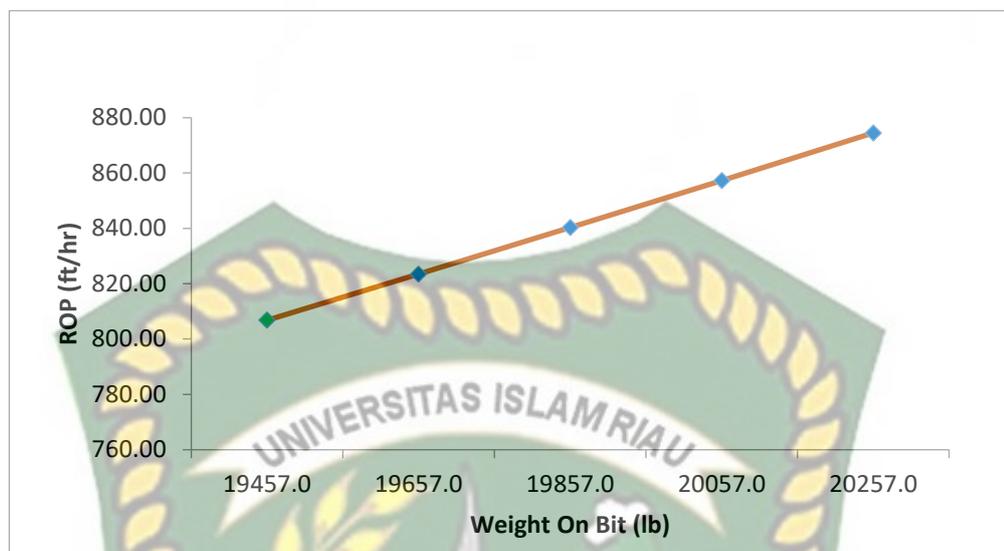
4.2 Kinerja DOC menggunakan *Bowen Power Swivel* pada sumur AF

Kinerja dari pada pekerjaan DOC dengan menggunakan *Bowen Power Swivel* dapat dilihat dari seberapa efisien besar harga *Weight on bit* (WOB), *Rate*

of penetration (ROP) dan harga *cost perfoot* nya. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan terhadap WOB, ROP dan CF yang dapat dilihat dalam tabel 4.5 seperti dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil perhitungan WOB, ROP dan CPF

<i>Description</i>	Jumlah	Satuan
<i>Top of cement</i>	1484	Ft
<i>Drill pipe length</i>	1297	Ft
<i>Drill collar length</i>	187	Ft
<i>Drill pipe weight</i>	13.3	Lbs/ft
<i>Drill collar weight</i>	27	Lbs/ft
<i>Fluid weight</i>	8.33	Ppg
Kedalaman yang ditembus	2143	Ft
Harga 6-1/8" rock bit	800	U\$
Biaya sewa rig per hari	7440	U\$
Waktu pemboran	11.5	Hrs
Waktu trip	7.5	Hrs
<i>Compressive Strength</i>	274	
RPM	45	Rpm
Diameter lubang	7.5	Inch
<i>Weight On Bit (WOB)</i>	19457	lbs/ft
<i>Rate Of Penetration (ROP)</i>	806.81	Ft/hrs



Gambar 4. 3 Grafik Laju pemboran Vs Wob

Berdasarkan grafik 4.1 diatas, dapat di lihat bahwasemakin tinggi ROP maka *Weight on bit*nya juga semakin tinggi. Menurut (Priyoko, Yazid, & Hamid, 2015) semakin meningkatnya WOB makan nilai ROP juga semakin tinggi. Namun, setelah WOB mencapai nilai tertinggi, maka nilai ROP perlahan-lahan akan menurun, ini di sebabkan oleh ausnya *cutter* pada pahat atau *bit*. Jenis formasi termasukjuga termasuk dalam factor yang mempengaruhi kinerja *bit*. Setiap formasi memiliki jenis yang berbeda beda tergantung dari batuan yang menyusunnya. Kekerasan dari formasi juga berbeda beda, kekerasan formasi di bagi menjadi empat yaitu formasi lunak, formasi sedang, formasi keras, dan formasi sangat keras.

4.3 EfisiensiBiaya Penggunaan *Bowen Power Swivel*

Dari segi Biaya penggunaan *Bowen Power Swivel* dapat dianalisa dari Harga pembelian atau harga sewa, biaya perpindahan dari satu sumur ke sumur lain dan efisiensi waktu pekerjaan :

- a. Harga pembelian *Bowen Power Swivel* = 177731.27 US\$
 Harga sewa *Bowen Power Swivel* = 177.73 US\$/day
- b. Harga pembelian *rotary table* komplit dengan *substructure*
 = 302854.09 US\$
 Harga sewa *rotary table* = 1066.39 US\$/day

- c. Biaya *moving rig* menggunakan *Bowen Power Swivel* selama 11.5 Jam
= 2673.43 US\$
- d. Biaya *moving rig* dengan menggunakan *rotary table* selama 21 jam =
20776.51 US\$.

No	Alat	Biaya Sewa (US\$/day)	Biaya Beli (US\$/day)	Biaya Moving Rig (US\$)
1	Bowen Power Swivel	177.73	177731.27	2673.43
2	Rotary Table	1066.39	302854.09	20776.51

Tabel 4.1 Tabel biaya penggunaan Unit *Rotary System*

Dari waktu *moving* dengan menggunakan *rig* dapat dilihat perbedaan harga antara menggunakan *Bowen Power Swivel* dan *rotary* sebesar 18103.08 US\$. Dengan demikian pekerjaan *Drill out cement* menggunakan *Bowen Power Swivel* lebih efisien dan ekonomis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan diperoleh ketebalan semen 439 ft, harga WOB sebesar 19457 lb/ft, RPM sebesar 45 rpm, dan ROP sebesar 806.81 ft/hrs
2. Dari biaya yang di keluarkan pada pekerjaan *drill out cement* menggunakan bowen power swivel adalah 177.73 US\$ dan biaya selesai apabila menggunakan *rotary table* senilai 18103.08 US\$. Maka penggunaan *bowen power swivel* lebih efisien.

5.2 Saran

Untuk peneliti selanjutnya, apa bila meneliti dengan kasus yang sama di sarankan untuk memperbandingkan *hasil DOC* pada sumur-sumur directional mana yang lebih cocok.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhuthali, A., Oyerinde, A., & Gupta, A. D. (2006). Optimal Waterflood Management Using Rate Control. *SPE 102478*, 539. doi:10.2118/102478-MS
- Batu, I. K. (1999). *Teknik Penyemen Cementing Jilid I*. CEPU.
- Bourgoyne, & AT. (1986). *applied Drilling Engineering*. Texas: Society of Petroleum Engineering.
- Brook K.M, M. (1991). *Concrete materials and practice*. London.
- Cementing, Chevron Document Langkah kerja Squeeze. (2011). *book MAB II*. Chevron.
- Firdaus, M. (2018). *Modul pratikum penilaian Formasi*. Indramayu: Balongan Oil and Gas Academy.
- Hamid , A., & Rosyidan, C. (2017). Penanggulangan Lost Circulation Dengan Menggunakan Metode Under Balanced Drilling. *Jurnal Petro*.
- Herianto. (2011). Pemanfaatan Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Light Weight Additive Semen Pemboran. 5.
- Herriot, W. (2013). *Formation Evaluation*. Herriot watt institut of petroleum engineering.
- Kaesti, E. Y. (2011). Keberhasilan Optimasi Kerja Ulang Pindah Lapisan (KUPL). *Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 4, 3*.
- kristianti, Suharsono, Amri, N. A., Pratikno, P., & Lukito, H. (2008). Prosiding Seminar Nasional Kebumian. *Manajemen Sumberdaya Mineral dan Energi Untuk Ketahanan Nasional*, 95.
- Martha , I. B., Zabidi, l., & Satiawati, L. (2015). Seminar Nasional Cendekiawan. *Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Lignosulfanote Pada Compressive Strenght Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G, 4*.
- Monazami, M., Hashemi, A., & Shahbazian, M. (2012). Drilling Rate Of Peneration Prediction Using Artificialift Neural Network: a Case Study Of One Of Iranian Southern Oil Fields. *Semantic Scholar*.

- Negara, P. T., & Hamid, A. (2015). Pengaruh Penambahan Accelator “KCl”, “Na₂SiO₃”, Dan “CALSEAL”. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 544.
- Novrianti. (2016). Studi Laboratorium Pengaruh Nanocomposite Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Free Water dan Kekuatan Semen Pemboran. *Jurnal of Earth Energy Engineering*, 22.
- Nurmalasari, M. D., & Firdausi, A. (2017). *Densitas dan Porositas Batuan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pamungkas, J. (2004). *Pengantar Teknik Perminyakan*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Prasetyo, e., Arief, T., & Prabu, A. A. (n.d.). Perencanaan Squeeze Cementing Metode Balance PLUG. *Seminar Cendekiawan*, 2.
- Priyoko, D. H., Yazid, F. E., & Hamid, A. (2015). Evaluasi Pemakaian BIT 6-1/8" di sumur DH-10 dan DHX-4 untuk pemilihan Bit pada lapisan basement lapangan DHP. *Seminar Nasional Cendekiawan* .
- Rakhmanto, A. E. (2014). *Sudy Pengaruh Kuat Tekan Semen Pemboran Class –G Dengan Pemakaian Additve CFR-2 Dan Lignosulfat Terhadap Variasi Waktu Dan Temperature*. Jakarta: Trisakti university.
- Rubiandini, r. (2012). *Teknik Operasi Pemboran*. bandung: IATMI.
- Rukhmansyah, R., & Aboekasan, W. (2015). Evaluasi Hasil Penyemenan Liner 4 ½” Di Sumur “X” ST. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 485.
- Schlumberger. (1998). *Log Interpretation Principles/Applications*. Texas.
- Simanungkalit, R. S. (2017). Analisa Penentuan *Open End* Pada Pelaksanaan Squeeze Cementing Di Zona Porous Sumur A Lapangan B. *Seminar Nasional Cendekiawan ke 3*, 1.
- Zuldian, T. R., & Wahyuni, S. (2018). *Squeeze Cementing Dengan Menggunakan Metode Brandedhead Squeeze*. *Petro Jurnal*, 4.