

**EVALUASI PEKERJAAN PENUTUPAN SUMUR SECARA
PERMANEN (P&A) PADA SUMUR *DRY HOLE* DAN SUMUR
NON PRODUKTIF DI LAPANGAN A**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

RENA WARDIANTI

143210690



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021**

KATA PENGANTAR

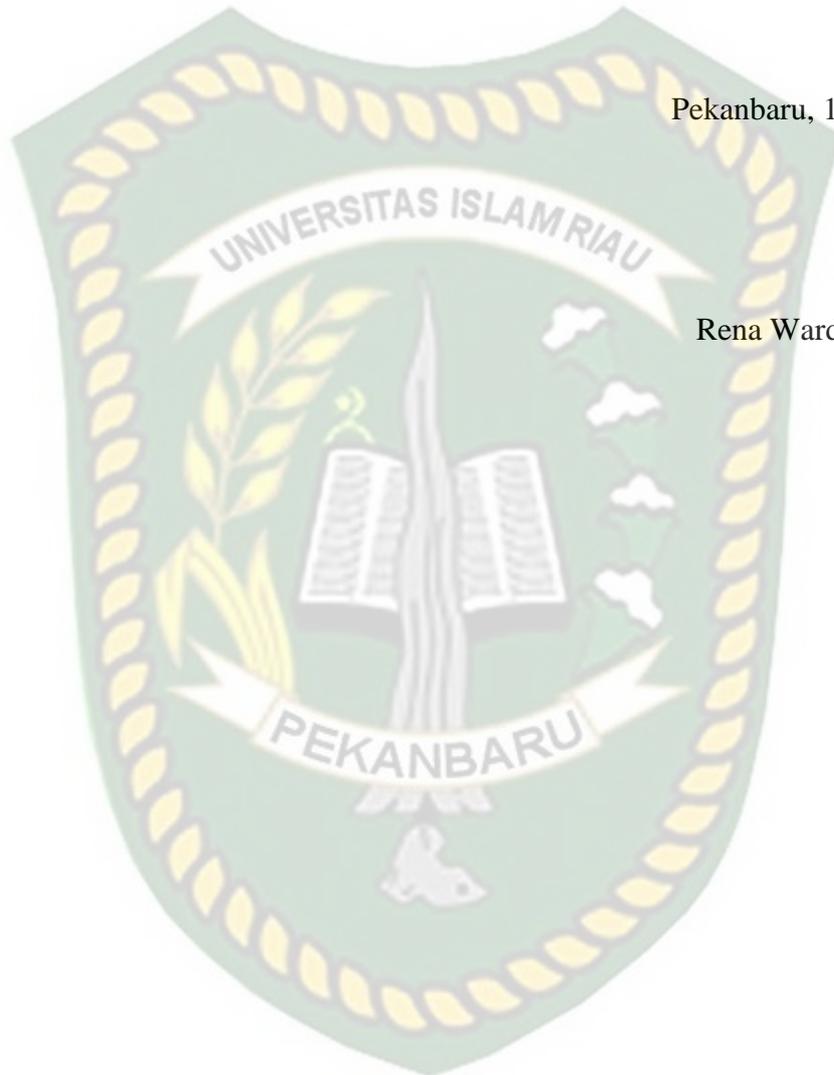
Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nyansaya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari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

1. M. Ariyon S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga serta masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Fitrianti S.T., M.T selaku pembimbing akademik saya, yang telah memberikan arahan, nasehat, serta semangat selama perkuliahan di Teknik Perminyakan.
3. Zul Effendy S.T selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu yang bermanfaat serta telah memberikan kesempatan untuk mengambil data untuk tugas akhir saya.
4. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
5. Kedua orang tua saya serta saudara saya Maya Eldania, Andri Tri Naldi Arifin, Rifky Ahmad Lutfi dan Adyt Taufik Nuur atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
6. MAPEDALLIMA HANG TUAH yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman serta teman-teman saya tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Pekanbaru, 16 Juli 2020

Rena Wardianti



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN	2
1.3. MANFAAT PENELITIAN	2
1.4. BATASAN MASALAH.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Metode Penyemenan <i>Casing</i>	5
2.1.1. Penyemenan Tahap Pertama (<i>Primary Cementing</i>)	5
2.1.2. Penyemenan Tahap Kedua (<i>Secondary Cementing</i>)	7
2.1.3. Plug Cementing	8
2.2 Klasifikasi Semen	9
2.3 Additif Semen	10
2.4 Jenis-Jenis <i>Abandonment</i>	11
2.5 Peraturan Penutupan Sumur.....	16
2.6 Perhitungan	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 METODE PENELITIAN	20
3.2 TEMPAT PENELITIAN	22
3.3 WAKTU PENELITIAN	22
3.4 JENIS DATA.....	23

3.5	PROSEDUR PENELITIAN	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Sumur Dry Hole.....	25
4.2	Sumur Non Produktif.....	36
BAB V PENUTUP		47
5.1	KESIMPULAN.....	47
5.2	SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA		48

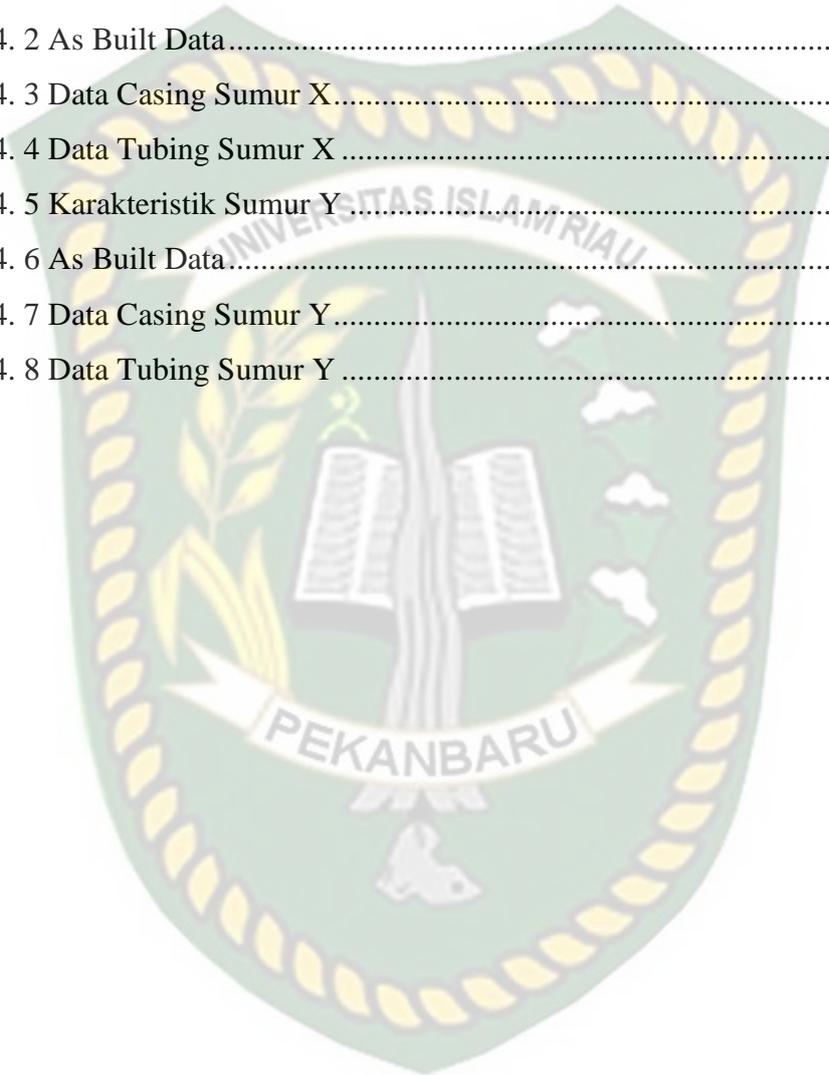


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penyemenan <i>Casing</i> Satu Tahap (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015) ..	6
Gambar 2. 2 Penyemenan <i>Casing</i> Bertahap (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015).....	7
Gambar 2. 3 <i>Plug Cementing</i> (Nelson, 1990)	8
Gambar 2. 4 Penutupan Lubang Terbuka (Suparman ST, 2016)	12
Gambar 2. 5 Penutupan Interval Perforasi (Suparman ST, 2016).....	13
Gambar 2. 6 <i>Casing</i> STUB (Suparman ST, 2016).....	14
Gambar 3.1 <i>flow Chart</i>	21
Gambar 4. 1 Sumur X (Lapangan A)	26
Gambar 4. 2 Sumur Sebelum P&A (Lapangan A).....	35
Gambar 4. 3 Sumur Setelah di P&A (Lapangan A).....	35
Gambar 4. 4 Sumur Y (Lapangan A)	37
Gambar 4. 5 Sumur Y Sebelum di PA (Lapangan A)	46
Gambar 4. 6 Sumur Y Setelah Di PA (Lapangan A)	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Semen Menurut API	9
Tabel 4. 1 Karakteristik Sumur X	25
Tabel 4. 2 As Built Data.....	27
Tabel 4. 3 Data Casing Sumur X.....	28
Tabel 4. 4 Data Tubing Sumur X	28
Tabel 4. 5 Karakteristik Sumur Y.....	36
Tabel 4. 6 As Built Data.....	38
Tabel 4. 7 Data Casing Sumur Y.....	39
Tabel 4. 8 Data Tubing Sumur Y	39



DAFTAR SIMBOL

$^{\circ}\text{F}$	Fahrenheit
V	Volume, bbl
h	Kedalaman, ft
Y	<i>Yield</i> , cuft/sak
P	Tekanan, Psi
ρ	Densitas, ppg



DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
Bbl	<i>Barrels</i>
BSN	<i>Badan Standarisasi Rate</i>
CaCl ₂	<i>Calcium Diclorida</i>
CSG	<i>Casing</i>
Cuft	<i>Cubic Foot</i>
DP	<i>Drill Pipe</i>
Ft	<i>Feet</i>
HSR	<i>High Spontaneous Rate</i>
ID	<i>In Diameter</i>
KCL	<i>Kalium Clorida</i>
Migas	<i>Minyak dan Gas</i>
MSR	<i>Medium Spontaneous Rate</i>
OD	<i>Out Diameter</i>
Ppg	<i>Pounds Per Galon</i>
P&A	<i>Plug & Abandonment</i>
Psi	<i>Pound Per Square Inch</i>
SG	<i>Specific Gravity</i>

EVALUASI PEKERJAAN PENUTUPAN SUMUR SECARA PERMANEN (P&A) PADA SUMUR *DRY HOLE* DAN SUMUR NON PRODUKTIF DI LAPANGAN A

RENA WARDIANTI

143210690

ABSTRAK

Plug & Abandonment (P&A) merupakan suatu tindakan yang diambil untuk mengisolasi lingkungan sekitarnya. Operasi *Plug & Abandonment* (P&A) ini dilakukan dalam kondisi tertentu seperti sumur tidak lagi ekonomis dan sumur mengalami berbagai macam kerusakan yang sangat parah sehingga tidak dapat diperbaiki lagi dan untuk melindungi lingkungan yang ada disekitarnya maka dilakukan operasi penutupan sumur tersebut serta pada tahapan ini sumur-sumur akan mengalami masa-masa penutupan atau isolasi baik itu sementara maupun permanen. Dalam tugas akhir ini akan ditinjau dan dievaluasi terhadap dua sumur yang telah dilakukan *Plug & Abandonment* (P&A). Dari data kedua sumur tersebut dapat dilihat perbedaan dari jumlah volume semen sumur X dan jumlah volume semen sumur Y yang digunakan dari masing-masing pekerjaan penutupan sumur tersebut. Pada penelitian ini jumlah semen yang digunakan untuk kedua semen ini sangat jauh berbeda, untuk sumur X yang merupakan sumur *dry hole* membutuhkan semen sebanyak 320 *sack* sedangkan sumur Y yang merupakan sumur non produktif membutuhkan jumlah semen sebanyak 1535 *sack* semen. Dengan adanya penelitian dan evaluasi pada tugas akhir ini diharapkan akan didapat suatu prosedur perencanaan yang lebih efektif dalam melakukan pekerjaan *Plug & Abandonment* (P&A) yang dapat diterapkan pada sumur-sumur lainnya pada lapangan yang akan dilakukan *Plug & Abandonment* (P&A)

Kata Kunci : *Plug & Abandonment* (P&A), *dry hole*, *sack*, non produktif , semen

**WORK EVALUATION PERMANENT WELL CLOSURE (P&A) IN
DRY HOLE WELLS AND NON PRODUCTIVE WELLS IN
FIELD A**

RENA WARDIANTI

143210690

ABSTRACT

Plug & Abandonment (P&A) is an action taken to isolate the surrounding environment. This Plug & Abandonment (P&A) operation is carried out under certain conditions such as the well is no longer economical and the well has various kinds of damage that is so severe that it cannot be repaired anymore and to protect the surrounding environment, the well closure operation is carried out and at this stage the well The well will experience periods of closure or isolation, either temporarily or permanently. In this final project, two wells that have been carried out by Plug & Abandonment (P&A) will be reviewed and evaluated. From the data of the two wells, it can be seen the difference in the total volume of cement for well X and the volume of cement for well Y used for each well closing work. In this study, the amount of cement used for these two cements is very much different, for well X which is a dry hole well requires 320 sacks of cement, while well Y which is a non-productive well requires 1535 sacks of cement. With the research and evaluation in this final project, it is hoped that a more effective planning procedure will be obtained in carrying out Plug & Abandonment (P&A) work that can be applied to other wells in the field where Plug & Abandonment (P&A) will be carried out.

Keywords : Plug & Abandonment (P&A), dry hole, hydrocarbons, non productive, cement

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam proses produksi hidrokarbon akan dilakukan suatu pengujian sumur terlebih dahulu untuk mengetahui indikator-indikator yang terdapat pada sumur yang biasa disebut dengan *well testing*. Pengujian sumur hidrokarbon ini dilakukan untuk memastikan kemampuan dari suatu lapisan atau formasi untuk berproduksi. Data-data pengujian yang paling umum harus diketahui adalah seperti permeabilitas, tekanan reservoir, kerusakan atau perbaikan formasi disekeliling lubang sumur, batas suatu reservoir dan bentuk radius pengurasan. (PratamaAndrian Gunrso, Muh Taufiq Fathaddin, Onnie Ridaliani , 2015)

Sumur X dan sumur Y melakukan pekerjaan *Plug & Abandonment* (P&A) dimana pekerjaan ini merupakan suatu tindakan yang diambil untuk mengisolasi dan melindungi lingkungan dimana pada tahap ini sumur memasuki masa-masa penutupan atau isolasi secara permanen. Tahap ini dilakukan dalam kondisi tertentu seperti sumur tidak lagi dapat memproduksi secara ekonomis maupun kerusakan sumur yang sangat parah dan tidak dapat diperbaiki lagi. Penutupan tersebut harus dilakukan untuk mencegah bahaya-bahaya yang akan terjadi seperti kebocoran cairan reservoir minyak dan gas ke permukaan atau kontaminasi sumber air yang ada di sekitar sumur. (NPC North American Resource Development Study Made Available September 15, 2011)

Tujuan dalam kegiatan pemboran adalah untuk memastikan ada atau tidaknya suatu cadangan hidrokarbon pada lapisan yang telah disurvei. Dalam melakukan pekerjaan ini terdapat beberapa kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi yaitu ditemukan dan tidak ditemukan cadangan hidrokarbon (*dry hole*). Jika tidak ditemukan hidrokarbon atau sumur tersebut kering (*dry hole*) maka sesuai dengan peraturan yang ada harus dilakukan penutupan *Plug & Abandonment* (P&A) dan itu merupakan salah satu kondisi sumur yang ada di lapangan A yaitu sumur X . Selain itu juga ada sumur Y yang merupakan salah satu sumur yang ada di lapangan A dimana sumur ini merupakan sumur

pengembangan yang setelah beberapa bulan dilakukan uji produksi ternyata tidak didapatkan hasil produksi seperti yang diharapkan. Oleh karena itu diperlukan untuk dilakukan penutupan sumur atau *Plug & Abandonment* (P&A)

Dalam tugas akhir ini akan ditinjau dan dievaluasi mengenai prosedur penutupan sumur atau *Plug & Abandonment* (P&A) dengan cara melakukan sumbat semen sebagaimana yang sudah diatur oleh Dirjen Migas. Dari data kedua sumur tersebut akan dibandingkan prosedur perencanaan dengan pelaksanaan yang di kerjakan. Dengan adanya penelitian dan evaluasi pada tugas akhir ini diharapkan akan didapat suatu prosedur perencanaan yang lebih efektif dalam melakukan pekerjaan *Plug & Abandonment* (P&A) yang diharapkan pada sumur-sumur lainnya.

1.2. TUJUAN

Adapun tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengevaluasi permasalahan-permasalahan yang terjadi pada sumur-sumur di Lapangan A.
2. Mengetahui perbandingan dari kedua sumur yang di *Plug & Abandonment* (P&A).
3. Menghitung volume semen yang di *Plug & Abandonment* (P&A).

1.3. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian ini berupa:

1. Menjadikan publikasi ilmiah dalam bentuk jurnal atau *paper* sehingga dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya.
2. Mengetahui permasalahan-permasalahan yang terjadi pada lapangan yang akan diteliti dan lebih memahami mengenai *Plug & Abandonment* (P&A)
3. Dapat mengetahui volume semen yang akan digunakan untuk proses penutupan sumur
4. Dapat menentukan pekerjaan penutupan yang lebih efektif untuk kedepannya

1.4. BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud maka penelitian ini difokuskan pada permasalahan penutupan sumur secara permanen yaitu sumur *dry hole* dan sumur non produktif yang akan dilakukan *Plug & Abandonment (P&A)* pada lapangan A



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Ilmu adalah cahaya atau pelita bagi manusia, tanpa ilmu tidak ada yang namanya peradaban dan salah satu ayat dalam Al-Qur'an yang bunyinya "Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majelis", maka lapngkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan." (QS. Al-Maidah ayat:11)

Disamping ayat-ayat Al-Qur'an yang memosisikan ilmu dan orang berilmu sangat istimewa adapun hadist-hadist yang mendukung salah satunya HR. Ar-Rabii' yang bunyinya "Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah Azza Wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya didunia dan diakhirat".

Dalam industri perminyakan selama operasi pemboran berlangsung proses penyemenan merupakan masalah yang umum dan biasa dilakukan. proses penyemenan hampir pasti akan selalu dilakukan karena merupakan salah satu faktor yang menentukan berhasilnya suatu pemboran, entah itu saat operasi pemboran berlangsung, *workover* sumur, ataupun pada saat proses meninggalkan sumur. Pada umumnya proses penyemenan bertujuan untuk melekatkan *casing* pada dinding lubang sumur, melindungi *casing* dari fluida formasi yang bersifat korosi dan untuk memisahkan zona yang satu terhadap zona yang lain dibelakang *casing*. Menurut alasan dan tujuannya, penyemenan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *primary cementing* dan *secondary cementing*.

2.1 Metode Penyemenan *Casing*

Ada beberapa metode penyemenan, tetapi menurut fungsi utamanya hanya dibagi menjadi dua tipe, yaitu *primary cementing* dan *secondary cementing*.

2.1.1. Penyemenan Tahap Pertama (*Primary Cementing*)

Penyemenan tahap pertama merupakan penyemenan yang dilakukan untuk pertama kalinya setelah casing dimasukkan kedalam lubang sumur, dan tujuan dilakukannya penyemenan tahap pertama ini adalah:

1. Melindungi casing terhadap tekanan formasi
2. Melekatkan casing ke batuan formasi
3. Mencegah karat pada casing
4. Menutup formasi lost circulation
5. Membuat pemisah antar formasi
6. Mencegah runtuhnya formasi

Tahapan yang umum dilakukan pada saat penyemenan tahap pertama ini yaitu sebagai berikut:

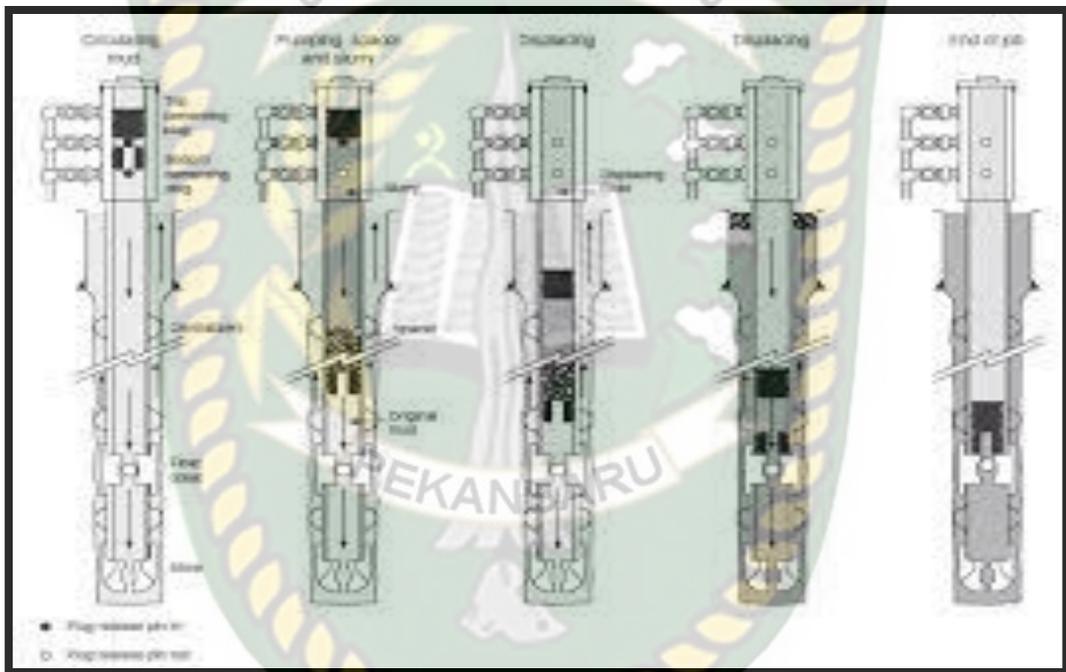
- a. *Conductor casing* merupakan casing yang dipasang pertama kali pada konstruksi sumur dan casing tersebut biasanya dipasang pada kedalaman yang masih cukup dangkal dengan kedalaman kurang lebih 200ft. selain itu *conductor casing* ini memiliki salah satu fungsi yaitu mencegah kontaminasi air tawar oleh lumpur pemboran.
- b. *Surface casing* merupakan casing yang dipasang setelah *conductor casing* dan berfungsi untuk melindungi lapisan air tawar dari pencemaran lumpur pemboran.
- c. *Intermediet casing* merupakan casing yang digunakan untuk menutup masalah-masalah yang terjadi pada saat operasi pemboran dan berfungsi untuk menutup zona-zona yang menimbulkan kesulitan dalam operasi pemboran..
- d. *Production casing* merupakan casing yang menghubungkan antara formasi produktif ke permukaan dan memiliki fungsi sebagai penyekat antara

lapisan produktif yang satu dengan lapisan produktif yang lainnya supaya tidak saling berhubungan. (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015)

Penyemenan *Casing* terbagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut:

1. Penyemenan *Casing* Satu Tahap (*Single Stage Cementing*)

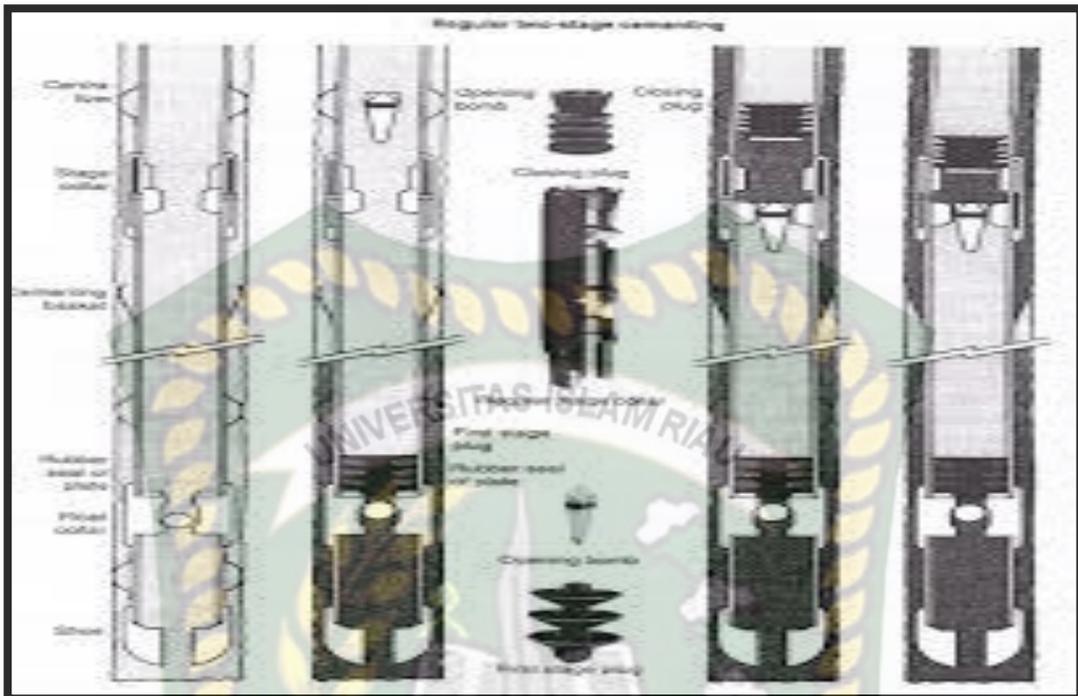
Penyemenan ini biasanya dilakukan untuk penyemenan yang tidak terlalu panjang seperti *conductor casing* dan *surface casing*. Berikut pekerjaan penyemenan *casing* satu tahap pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Penyemenan *Casing* Satu Tahap (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015)

2. Penyemenan *Casing* Bertahap (*Multi Stage Cementing*)

Penyemenan ini dipakai untuk penyemenan rangkaian *casing* yang panjang seperti *intermediet casing* dan *production casing*. Penyemenan bertahap ini dilakukan untuk memungkinkan total keseluruhan penyemenan dari panjang *casing* tersebut. Berikut proses penyemenan *casing* bertahap dapat di lihat pada gambar 2.2.



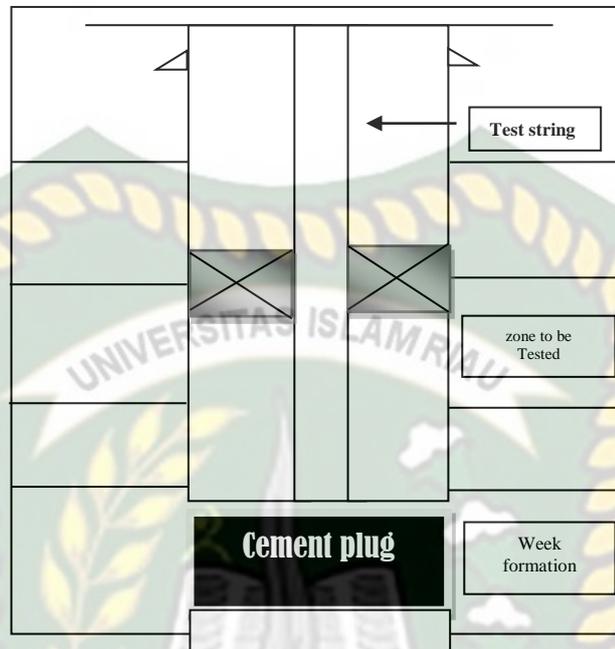
Gambar 2. 2 Penyemenan Casing Bertahap (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015)

2.1.2. Penyemenan Tahap Kedua (*Secondary Cementing*)

Secondary cementing atau penyemenan tahap kedua ini merupakan penyemenan ulang yang dilakukan setelah tahap *primary cementing*. Tujuan dari penyemenan kedua ini adalah untuk memperbaiki penyemenan sebelumnya jika masih ada kerusakan dan memisahkan zona produktif dengan zona non-produktif.

1. *Squeeze cementing* adalah tahap kedua dalam sebuah penyemenan yang bertujuan untuk memperbaiki dari hasil penyemenan sebelumnya dan menutup formasi yang sudah tidak produktif lagi.
2. *Re-Cementing* merupakan penyemenan yang dilakukan untuk menyempurnakan *primary cementing* yang gagal dan juga untuk memperluas casing di atas top semen.
3. *Plug-Back Cementing* merupakan penyemenan tahap kedua yang paling terakhir kali dilakukan dan tujuannya adalah untuk menutup atau meninggalkan sumur. (Yazid, Hamid, & Affifah, 2015)

2.1.3.Plug Cementing



Gambar 2. 3 *Plug Cementing* (Nelson, 1990)

Plug cementing merupakan salah satu pekerjaan dari *secondary cementing* yang bertujuan untuk mem-*plug* zona-zona tertentu dalam sebuah sumur. Dimana biasanya pekerjaan ini dilakukan pada trayek *open hole* atau formasi yang lemah yang tidak memungkinkan untuk dipasang *casing*. Dan berdasarkan metode pengerjaannya maka *plug cementing* dapat dibedakan menjadi:

1) *Balance Plug*

Merupakan suatu metode penempatan bubuk semen dengan memanfaatkan keseimbangan dari fluida *spasher* atau *displacement* didalamnya. Dimana ketika terjadi keseimbangan didalamnya maka secara perlahan yang digunakan sebagai media penghantar adalah tubing .

2) *Dump Bailer Method*

Merupakan suatu metode penempatan *plug cementing* dengan menggunakan alat tambahan yang bernama *dump bailer*, dimana ketika pengerjaannya digunakan *wireline* untuk menurunkan alat ini, dan biasanya dibantu oleh *bridge plug* untuk membasmi zona dibawahnya. (Nelson, 1990)

2.2 Klasifikasi Semen

API telah melakukan pembagian semen kedalam beberapa kelas untuk mempermudah penggolongan dan pemilihan semen yang akan digunakan. Penggolongannya berdasarkan dengan kondisi sumur dan sifat-sifat dari semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur tersebut. penggolongan semen yang dilakukan API ini dapat dilihat pada tabel berikut ini: (Tio Putra Negara dan Abdul Hamid, 2015)

Tabel 2. 1 Klasifikasi Semen Menurut API

Klas Semen	Penggunaan
Kelas A	Digunakan dari kedalaman 0 sampai 6000 ft, semen ini termasuk kedalam tipe biasa (ordinary type)
Kelas B	Digunakan dari kedalaman 0 sampai 6000 ft dan tersedia dalam jenis yang tahan terhadap kandungan sulfat menengah maupun sulfat tinggi
Kelas C	Digunakan dari kedalaman 0 sampai 6000 ft dan mempunyai sifat high-early strength (proses pengerasan cepat) dan semen ini tersedia dalam jenis moderate dan high sulfate resistant
Kelas D	Digunakan untuk kedalaman dari 6000ft sampai 10.000ft, untuk kondisi tekanan dan temperatur yang tinggi (130-145°C) semen yang nonretarder ini tersedia dalam tipe regular dan high sulfat resistant.
Kelas E	Digunakan untuk kedalaman 6000 ft sampai 14000 ft dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi.
Kelas F	Digunakan untuk kedalaman dari 10.000 ft sampai 16.000ft dalam kondisi tekanan dan temperatur sangat tinggi dan tersedia untuk tipe MSR dan HSR.
Kelas G	Digunakan dari kedalaman 0 sampai 8000 ft dan merupakan semen dasar. Bila ditambahkan retarder semen ini dapat dipakai untuk sumur
Kelas H	Digunakan dari kedalaman 0 sampai 8000 ft, ini juga merupakan semen dasar. Apabila ditambahkan <i>retarder</i> dan <i>accelerator</i> dapat digunakan pada kedalaman dan temperatur yang besar.

Sumber : (Tio Putra Negara dan Abdul Hamid, 2015)

2.3 Additif Semen

Pada umumnya adapun additif yang digunakan dalam suspensi semen dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori yaitu:

1. *Accelerator*

Accelerator merupakan additif yang dapat mempercepat waktu pengerasan suspensi semen. Selain itu dapat juga mempercepat naiknya *strength* semen dan mengimbangi additif lain agar tidak tertunda suspensi semennya. Contoh additifnya adalah: Kalsium Klorida (CaCl_2) 2 - 6%, *gypsum*, Sodium Silikat 5-10%, KCL, dan air laut.

2. *Retarder*

Retarder merupakan additif yang digunakan untuk memperlambat waktu dari pengerasan semen sehingga suspensi semen mempunyai waktu yang lebih lama untuk mencapai kedalaman yang diinginkan. Retarder ini dikhususkan untuk sumur-sumur dengan kedalaman antara 6000-25000 ft dimana temperatur statistik didasar sumur mencapai 170 - 500°F. Contoh additif jenis ini adalah: *Lignin*, *Calcium Lignosulfonate*, *Carboxymethyl Hydroxyethyl Cellulose*, *Saturated Salt*, dan *Borax*.

3. *Extender*

Extender merupakan additif yang digunakan untuk meningkatkan volume dari suspensi semen dan menurunkan densitas dari suspensi semen tersebut. Pada umumnya penambahan *extender* kedalam suspensi semen disertai dengan penambahan air. Yang termasuk kedalam jenis *extender* antara lain adalah *bentonite*, *attpulgite*, *pozzolan*, *perlit*, dan *glisonet*.

4. *Heavy- Weight Additive*

Heavy- Weight Additive berfungsi untuk menambahkan berat dari densitas bubuk semen dengan kondisi yang dihadapi untuk tekanan formasi cukup besar. Untuk menghindari terjadinya semburan liar (*blow out*) *specific gravity* (SG) nya berkisar antara 4.0-5.0 dan membutuhkan sejumlah air yang memiliki sifat tidak menurunkan *strength* dan mempunyai efek yang sangat kecil pada saat dilakukannya pemompaan serta mempunyai ukuran partikel yang relatif seragam sehingga lebih mudah tercampur dan bersatu dengan additif lainnya.

5. *Fluid Loss Control*

Fluid Loss Control digunakan untuk mencegah hilangnya fasa dari fluida semen ke dalam formasi sehingga kandungan cairan pada bubuk semen dapat tetap terjaga dengan baik. *Fluid loss* yang diperbolehkan hanya kisaran antara 150-250cc selama kurang lebih 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 32 mesh pada tekanan 1000 psi. Pada *squeeze cementing*, *fluid loss* yang di iijinkan hanya sekitar 55-65cc selama 30 menit.

6. *Dispersant*

Dispersant merupakan additif yang bisa mengurangi viskositas dari suspensi semen. Pengurangan dari viskositas atau fraksi ini dapat terjadi karena *dispersant* mempunyai sifat sebagai *thinner* (pengencer). Inilah yang menyebabkan suspensi semen ini menjadi encer sehingga dapat mengalir dengan aliran turbulen walaupun dipompa dengan rate yang rendah. (Samura, Ainurridha, & Zabidi, 2017)

2.4 Jenis-Jenis *Abandonment*

Penutupan sumur minyak, gas bumi dan panas bumi baik sumur produksi maupun sumur eksplorasi pada umumnya dapat dilakukan dengan berbagai pertimbangan antara lain sebagai berikut:

1. Sumur dinyatakan dengan sumur *dry hole* karena tidak terdapat hidrokarbon sehingga ekonomis setelah melalui tes produksi.
2. Perlunya menunggu evaluasi lanjut didalam memperkirakan potensi reservoir yang ada untuk memastikan tingkat keekonomisan apabila sumur tersebut diproduksi.
3. Masih belum tersedia sarana produksi seperti jaringan pipa tangki penimbun dan sebagainya. Biasanya terjadi pada sumur development yang jauh dari fasilitas produksi.
4. Adanya sumur produksi setelah melauai masa produksi tertentu dan dinyatakan tidak ekonomis lagi untuk diproduksi.

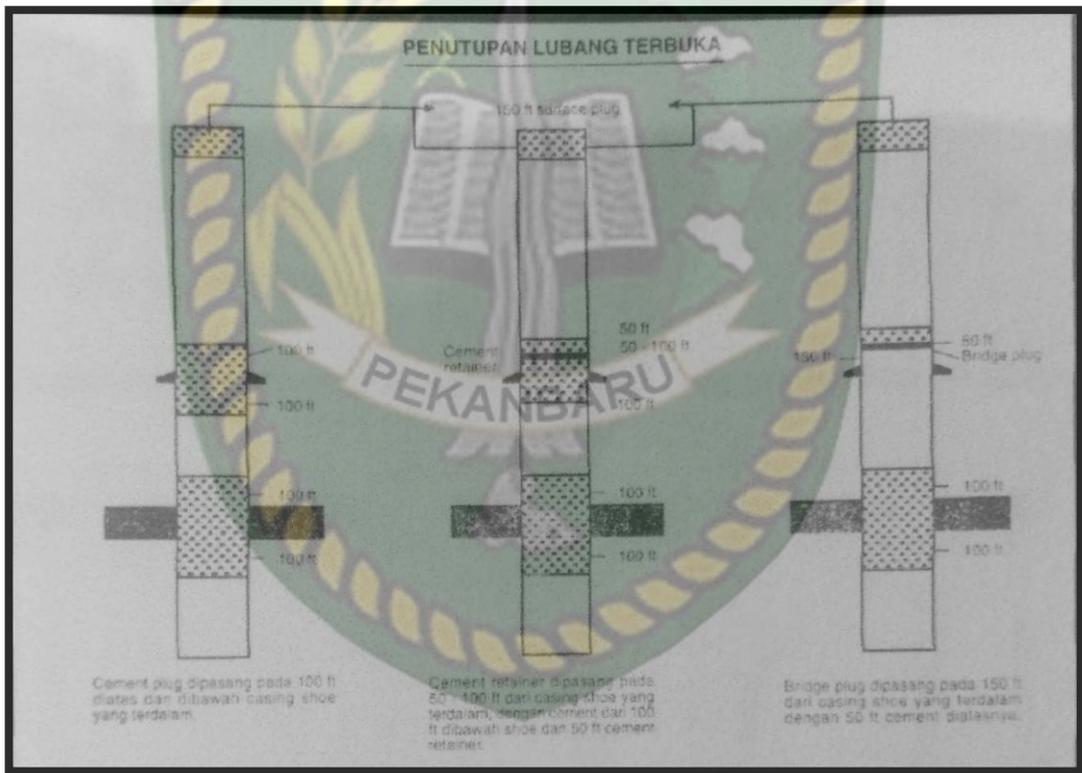
5. Sumur dinyatakan sangat berbahaya apabila diproduksi karena mengandung gas beracun yang mempunyai resiko berbahaya tinggi apabila diproduksi. (Suparman ST, 2016)

2.4.1. Permanent Abandonment (Penutupan Selamanya)

Yaitu sumur yang tidak akan di buka atau diproduksi lagi.

a. Isolasi Lapisan Pada Lubang Terbuka

Cement plug dipasang sekurang-kurangnya 100ft dibawah dan 100ft diatas dari lapisan minyak, air, dan gas. Hal ini untuk mencegah fluida formasi bermigrasi dari satu lapisan ke lapisan lainnya.



Gambar 2. 4 Penutupan Lubang Terbuka (Suparman ST, 2016)

b. Isolasi Lubang Terbuka

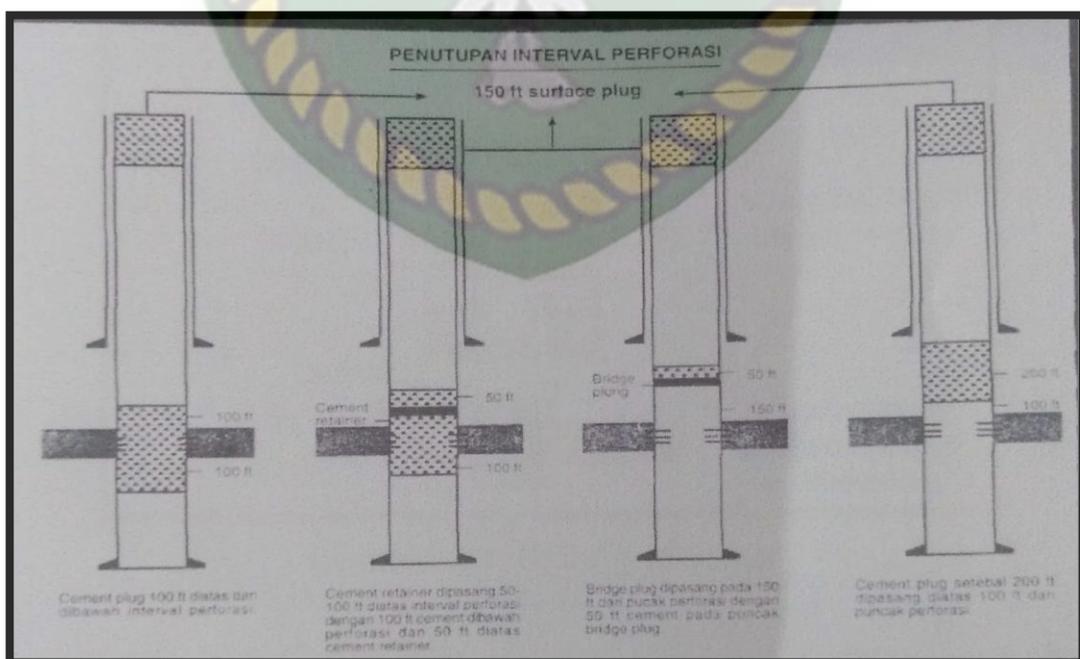
Apabila ada lubang yang terbuka dibawah casing , *cement plug* harus ditempatkan pada casing yang terdalam pada 100ft diatas dan 100ft dibawah casing shoe. Pemasangan *cement plug* dilakukan antara lain sebagai berikut

- 1) Penggunaan *Cement Retainer* dan *Cement Plug*
Cement retainer harus mempunyai *back pressure control* (*displace* tekanan balik) agar diletakkan tidak kurang 50ft dan tidak lebih dari 100ft di atas *casing shoe*. *Cement plug* dipasang sekurang-kurangnya 200ft di bawah *casing shoe* dan sekurang-kurangnya 50ft di atas *cement retainer*.
- 2) Pada Sumur Yang Telah Atau Diduga Akan Mengalami *Loss Circulation* Permanen *type bridge plug* agar diletakkan dalam interval 150ft diatas *casing shoe* dengan minimum ketebalan *cement plug* diatas 50ft.

c. Penyumbatan Atau Isolasi Pada Interval Perforasi

Dengan metode *displacement* (pendorong), *cement plug* ditempatkan pada semua perforasi yang belum di *squeeze*. *Cement plug* harus menjangkau minimum 100ft diatas interval perforasi sampai dengan 100ft dibawah interval perforasi atau dibawah *casing plug* mana saja yang lebih kecil.

Sebagai pengganti dari penempatan *cement plug* dengan metoda *displacement*, metoda berikut dapat diterima sepanjang interval perforasi terisolasi dari lubang dibawahnya.

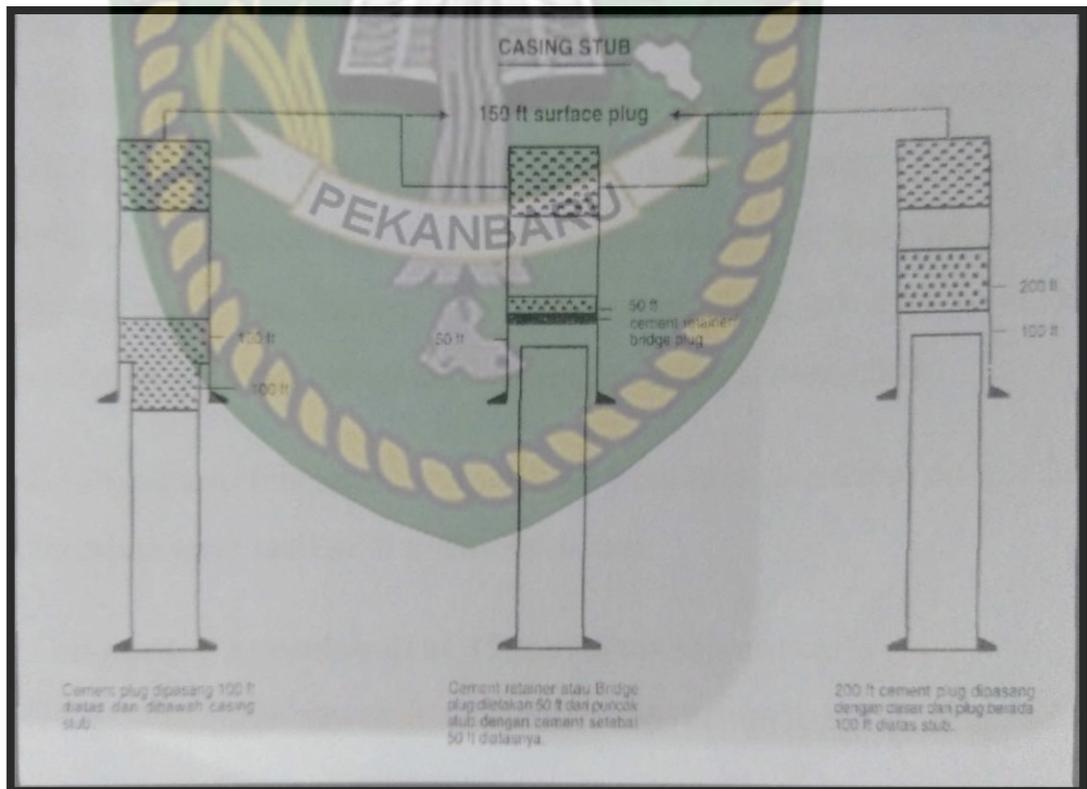


Gambar 2. 5 Penutupan Interval Perforasi (Suparman ST, 2016)

d. Penyumbatan Pada Casing Stub

Bila casing dipotong dan meninggalkan *stub* maka harus disumbat dengan salah satu metoda berikut:

- 1) Bagian dalam akhir dari *casing string* agar disumbat dengan sekurang-kurangnya 100ft diatas dan 100ft dibawah *casing stub* sebagai pengganti *cement plug* yang mana metoda berikut dapat ikuti dengan cara berikut ini:
 - a) *Cement retainer* atau permanen *type bridge plug* dipasang tidak kurang dari 50ft di atas *stub* dan diberikan penutup diatasnya dengan sekurang-kurangnya 50ft *cement*.
 - b) *Cement plug* dengan ketebalan sekurang-kurangnya 200ft dengan dasar dari *plug* 100ft di atas *stub*.
- 2) Bila *stub* dibawah *casing* lain yang lebih besar, penyumbatan sebagaimana diperlukan untuk mengisolasi lapisan atau mengisolasi lubang terbuka.



Gambar 2. 6 Casing STUB (Suparman ST, 2016)

e. Penyumbatan Annular

Setiap annular yang berhubungan dengan lubang terbuka dan *mud line* agar disumbat dengan ketebalan *cement* sekurang-kurangnya 200ft.

f. Sumbat Permukaan

Cement plug dengan ketebalan sekurang-kurangnya 150ft dipasang dengan puncak *cement* berada 150ft dibawah *mud line*

g. Pengisian Cairan pada Lubang

Masing-masing interval lubang diantara berbagai *plug* yang ada agar diisi dengan cairan yang mempunyai *density* (berat jenis) yang cukup untuk menimbangi tekanan hidrostatik melebihi tekanan formasi pada interval antar *plug* ketika sumur ditinggalkan.

h. Pembersihan Lokasi

Seluruh kepala sumur, *casing* (selubung), tiang pancang, dan gangguan lainnya harus disingkirkan sampai kedalaman paling sedikit 3 ft di bawah permukaan untuk operasi darat sedang untuk operasi lepas pantai 15 ft di bawah *mud line*. Lokasi tersebut harus bebas dari segala macam gangguan untuk memastikan lokasi tersebut aman maka dapat dikurangi atau dihilangkan kepala sumur atau hambatan lainnya sesuai dengan peraturan pemerintah mengenai lingkungan harus dilaksanakan.

2.4.2 Temporary Abandonment (Penutupan Sementara)

Yaitu sumur yang sewaktu-waktu bisa diproduksi kembali. Dan berikut ini syarat-syarat apabila ingin memproduksi kembali sumur tersebut.

1. Setiap sumur yang ditutup sementara agar memenuhi ketentuan seperti pada *Permanent Abandonment* (kecuali pada sumber permukaan dan pembersihan lokasi sumur lepas pantai), serta mengikuti:
 - a. *Bridge plug* atau *cement plug* dengan ketebalan minimum 100ft dipasang pada dasar *casing* yang terdalam kecuali *casing* telah di *cement* dan tidak

- dibor lagi. Bil *cement plug* dipasang, tidak perlu dipasang dibawah *casing shoe* sampai lubang terbuka.
- b. setiap interval perforasi harus diisolasi dengan *cement retainer* atau *cement plug* yang panjangnya minimum 100ft dari perforasi paling atas.
 2. Untuk mempertahankan peninggalan sementara sebuah sumur, dalam satu tahun harus dibuat laporan tahunan yang menjelaskan rencana untuk memulai kembali kegiatan sumur tersebut atau menutup sumur tersebut secara permanen.
 3. Identifikasi beberapa laporan seperti kepala sumur bawah laut, tunggul *casing*, atau hambatan lain yang menonjol di atas *mud line* dapat dibuat sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku.
 4. Sumur lepas pantai dan darat yang ditinggalkan sementara harus memperoleh izin dari Ditjen Migas sesuai dengan peraturan no17/1974.

2.5 Peraturan Penutupan Sumur

Dalam dunia minyak dan gas (Migas) di Indonesia, pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dibuat sebagai acuan atau pedoman bagi setiap pihak yang akan melakukan kegiatan yang berhubungan dengan pelaksanaan operasi minyak dan gas bumi. Standar ini dibuat untuk menetapkan persyaratan keselamatan kerja pada setiap elemen kegiatan yang berhubungan dengan dunia migas.

Penutupan sumur ini harus menjamin isolasi di bawah permukaan dari hidrokarbon, terlindungi dari pencemaran air segar, dan menjaga perpindahan dari cairan formasi di dalam lubang sumur ke *mud line* atau permukaan. Sumur yang tidak dapat di produksi ini harus ditinggalkan sesuai dengan ketentuan yang ada. Akan tetapi tidak boleh meninggalkan sumur tersebut jika kondisi sumur tersebut masih memungkinkan atau menghasilkan minyak dan gas yang menguntungkan.

Dalam proses penutupan sumur untuk pekerjaan *Plug & Abandonment* (P&A) membutuhkan beberapa data utama seperti, tekanan sumur, temperatur

sumur, dan interval kedalaman sumur. Setelah mendapatkan data-data tersebut maka akan dibuat perencanaan untuk selanjutnya. (Badan Standarisasi Nasional)

2.6 Perhitungan

Dalam melakukan pekerjaan penutupan sumur rumus dasar yang biasa digunakan dalam operasi P&A adalah sebagai berikut: (PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA)

2.6.1 Menghitung Kapasitas Annulus

Menghitung kapasitas annulus diperlukan untuk mengetahui berapa kapasitas lubang antara rangkaian yang digunakan dengan bagian dalam casing.

$$\text{Kapasitas Annulus} = \frac{ID\ CSG^2 - OD\ DP^2}{1029,4}$$

Keterangan: ID CSG = Diameter Dalam *Casing*, inch

OD DP = Diameter Luar *Drill Pipe*, inch

2.6.2 Menghitung Volume Semen

Menghitung Volume semen diperlukan untuk mengetahui berapa *barell* semen yang akan dipompakan untuk mengisi suatu kolom.

$$V = \frac{ID\ CSG^2}{1029,4} \times h$$

Keterangan: V = Volume Semen, bbl

ID CSG = Diameter Dalam *Casing*, inch

h = Panjang Interval Semen, ft

2.6.3 Menghitung Volume Fluida Pendorong

Menghitung fluida pendorong diperlukan untuk dapat mengetahui berapa volume yang dibutuhkan agar bubur semen dapat terdorong untuk ditempatkan pada interval kedalaman yang direncanakan.

$$V = \frac{ID\ DP^2}{1029,4} \times h$$

Keterangan: V = Volume Semen, bbl

ID DP = Diameter Bagian Dalam *Drill Pipe*, inch

h = Panjang Interval Semen, ft

2.6.4 Jumlah Semen Yang Dibutuhkan

Jumlah semen yang dibutuhkan yaitu dalam satuan sak, jumlah sak semen perlu diketahui untuk persediaan di lapangan.

$$\text{Jumlah Sak Semen} = \frac{v \times 5,615}{\text{yield}}$$

Keterangan: V = Volume Semen, bbl

Yield = *Slurry Yield* , cuft/sak

2.6.5 Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik perlu dihitung untuk dapat mengimbangi tekanan pada lubang sumur, sehingga tekanan yang diberikan dari atas tidak lebih dan tidak kurang.

$$P = 0,052 \times \rho \times h$$

Keterangan: P = Tekanan Hidrostatik, psi

ρ = Densitas, ppg

h = Ketinggian Kolom Fluida, ft

Penelitian yang dilakukan oleh Erwin dan Moses (2016) tentang analisa perbaikan pelaksanaan penutupan sumur di daerah lepas pantai Kalimantan, Chevron Indonesia Company dengan konsep *lean manufacturing* dan hasil yang di dapat dari pengolahan dan analisa data proses pekerjaan *well P&A* di CICO dengan menggunakan konsep *manufacturing* dan *value stream analysis tools*, maka dihasilkan suatu proses pekerjaan *well p&A* yang lebih cepat. Dengan menggunakan konsep ini terbukti mampu mengurangi rata-rata jumlah hari penyelesaian *well P&A* dari 20,7 hari menjadi 11,36 hari persumur.

Penelitian yang lainnya adalah yang dilakukan oleh Ophelia dan Roshewita (2013) yaitu mengenai analisa pelaksanaan kegiatan *Abandonment and Site Restoration* dalam kegiatan hulu minyak dan gas bumi di Indonesia dimana hasil yang didapatkan adalah penyemenan terbagi menjadi primary dan secondary. Apabila pada primary hasilnya belum sesuai dengan yang diharapkan maka perlu dilakukan penyemenan ulang.

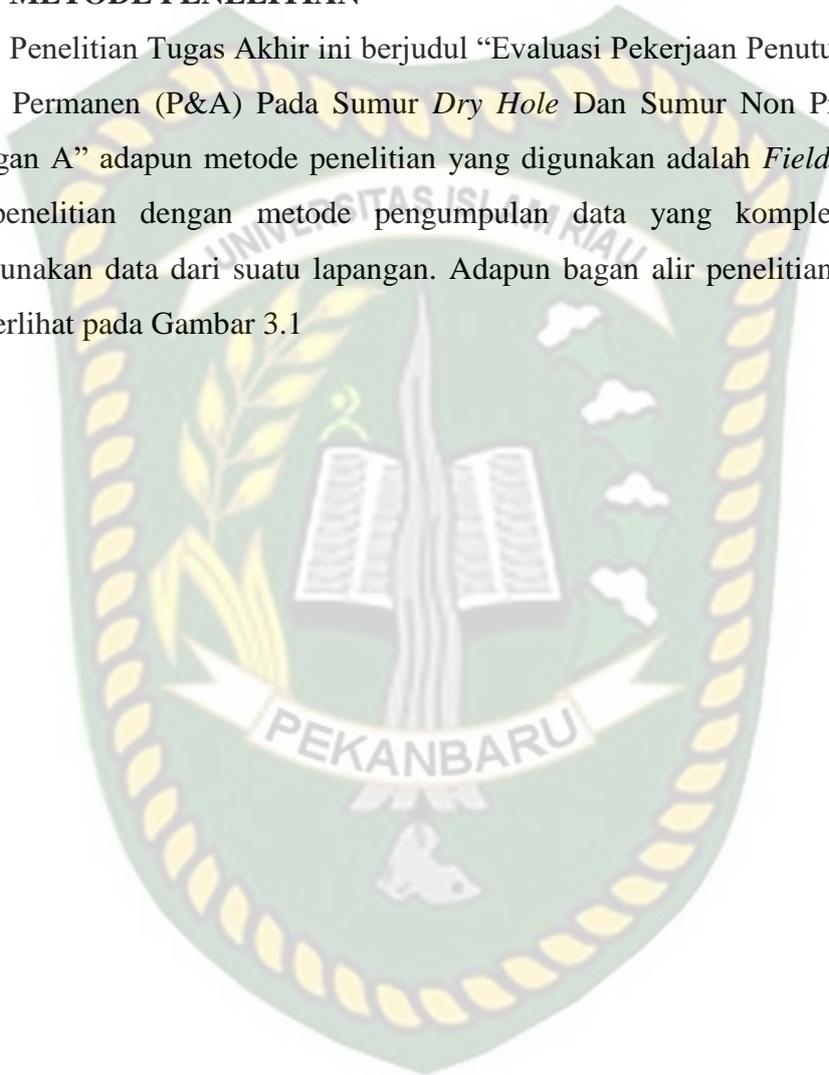
Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Rexnord Samuel Simunangkalit (2017) pengujian ini dilakukan untuk menganalisa penentuan *open end* pelaksanaan *squeeze cementing* pada zona porous A lapangan B dimana pelaksanaannya membutuhkan volume sebanyak 10bbl dengan jumlah 64 sack dan posisi dari *open end* pada pelaksanaan *squeeze cementing* adalah 3272ft.

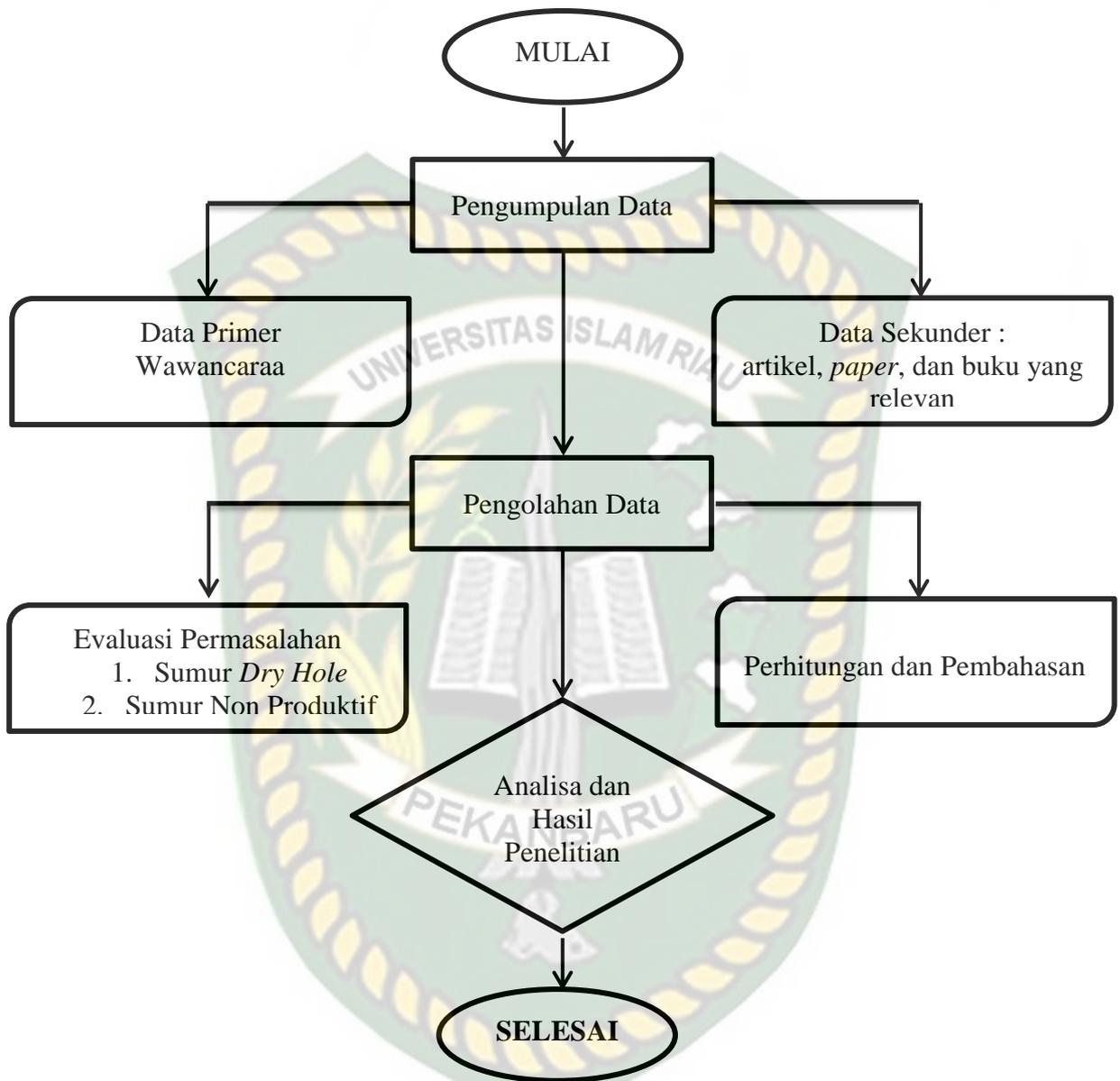
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Evaluasi Pekerjaan Penutupan Sumur Secara Permanen (P&A) Pada Sumur *Dry Hole* Dan Sumur Non Produktif Di Lapangan A” adapun metode penelitian yang digunakan adalah *Field Reasearch* atau penelitian dengan metode pengumpulan data yang kompleks dengan menggunakan data dari suatu lapangan. Adapun bagan alir penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 flow Chart

3.2 TEMPAT PENELITIAN

Tempat penelitian berlokasi di Duri di ibukota kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau, Indonesia. PT.A ini berada di lajur Jalan Raya Lintas Sumatera sekitar 120 km dari Pekanbaru dan berbatasan langsung dengan Dumai di utara.

3.3 WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada Oktober 2020- April 2021 untuk mengevaluasi permasalahan yang terjadi di sumur X dan sumur Y di lapangan A untuk sumur yang akan di Plug & Abandonment (P&A).

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Kegiatan	Oktober – Desember 2020						Februari- April 2021									
	3	4	1	2	3	4	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Persiapan bahan																
Pengumpulan data																
Hasil dan perhitungan																
Pembahasan dan kesimpulan																

3.4 JENIS DATA

Data dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang dikumpulkan dari beberapa data, berupa hasil wawancara dan data dari evaluasi permasalahan sumur yang di *Plug & Abandonment* (P&A) di sumur X dan sumur Y lapangan A dengan jenis semen yang digunakan adalah semen kelas G dengan tambahan referensi dari buku-buku, paper atau jurnal dan diskusi dengan berbagai narasumber berpengalaman dilapangan maupun dengan dosen pembimbing.

3.5 PROSEDUR PENELITIAN

Dalam membuat prosedur perencanaan untuk pekerjaan P&A membutuhkan data kedalaman, data interval kedalaman sumbat semen, data kapasitas *casing*, data kapasitas dan ukuran rangkaian pipa bor (*drill pipe*). Setelah diperoleh data-data tersebut maka dapat dibuat prosedur perencanaan pekerjaan P&A. Pekerjaan ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu, interval sumbat semen #1, interval sumbat semen #2, dan interval sumbat semen #3.

3.5.1. Prosedur Penempatan Sumbat Semen #1

Sumbat semen #1 merupakan sumbat semen terdalam yang terletak pada interval perforasi (*cased hole*) atau pada lubang terbuka dibawah *casing* (*open hole*). Berikut prosedur pelaksanaan pada sumbat semen #1.

1. Masukkan rangkaian pipa penyemenan ke lubang sumur, untuk itu digunakan *drill pipe* (DP) dengan ukuran sesuai dengan kedalaman sumur yang akan di P&A
2. Melakukan sirkulasi lubang, lalu lakukan sumbat semen #1 yang menjangkau 100 ft di atas *casing shoe* dan 100 ft di bawah *casing shoe* pada sumur *open hole* atau 100 ft diatas interval perforasi dan 100 ft di bawah interval perforasi pada sumur *cased hole*.
3. *Pull Out Of Hole* (POOH) rangkaian ± 6 *stands* dan lakukan *reverse* sirkulasi.
4. POOH rangkaian ke interval sumbat semen #2

3.5.2. Prosedur Penempatan Sumbat Semen #2

Sumbat semen #2 terletak pada interval kedalaman *Top Of Liner* (TOL) casing. Berikut prosedur pelaksanaan sumbat semen #2.

1. Masukkan rangkaian pipa penyemenan ke lubang sumur, untuk itu digunakan *Drill Pipe* (DP) dengan ukuran sesuai dengan kedalaman sumur yang akan di P&A.
2. Melakukan sirkulasi lubang, lalu lakukan sumbat semen #2 yang menjangkau 100 ft di atas TOL dan 100 ft di bawah TOL.
3. POOH rangkaian ± 6 stands dan lakukan *reverse* sirkulasi.
4. POOH rangkaian ke interval sumbat semen #3

3.5.3. Prosedur Penempatan Sumbat Semen #3

Sumbat semen #3 terletak pada ± 150 ft di bawah *ground level*. Berikut prosedur pelaksanaan pada sumbat semen#3.

1. Masukkan rangkaian pipa penyemenan ke lubang sumur, untuk itu digunakan *drill pipe* (DP) dengan ukuran sesuai dengan kedalaman sumur yang akan di P&A.
2. Melakukan sirkulasi lubang, lalu lakukan sumbat semen #3 minimum 150ft dengan puncak penyumbatan 150 ft di bawah *groud level*.
3. POOH rangkaian ± 6 stands dan lakukan *reverse* sirkulasi.
4. POOH rangkaian ke permukaan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sumur Dry Hole

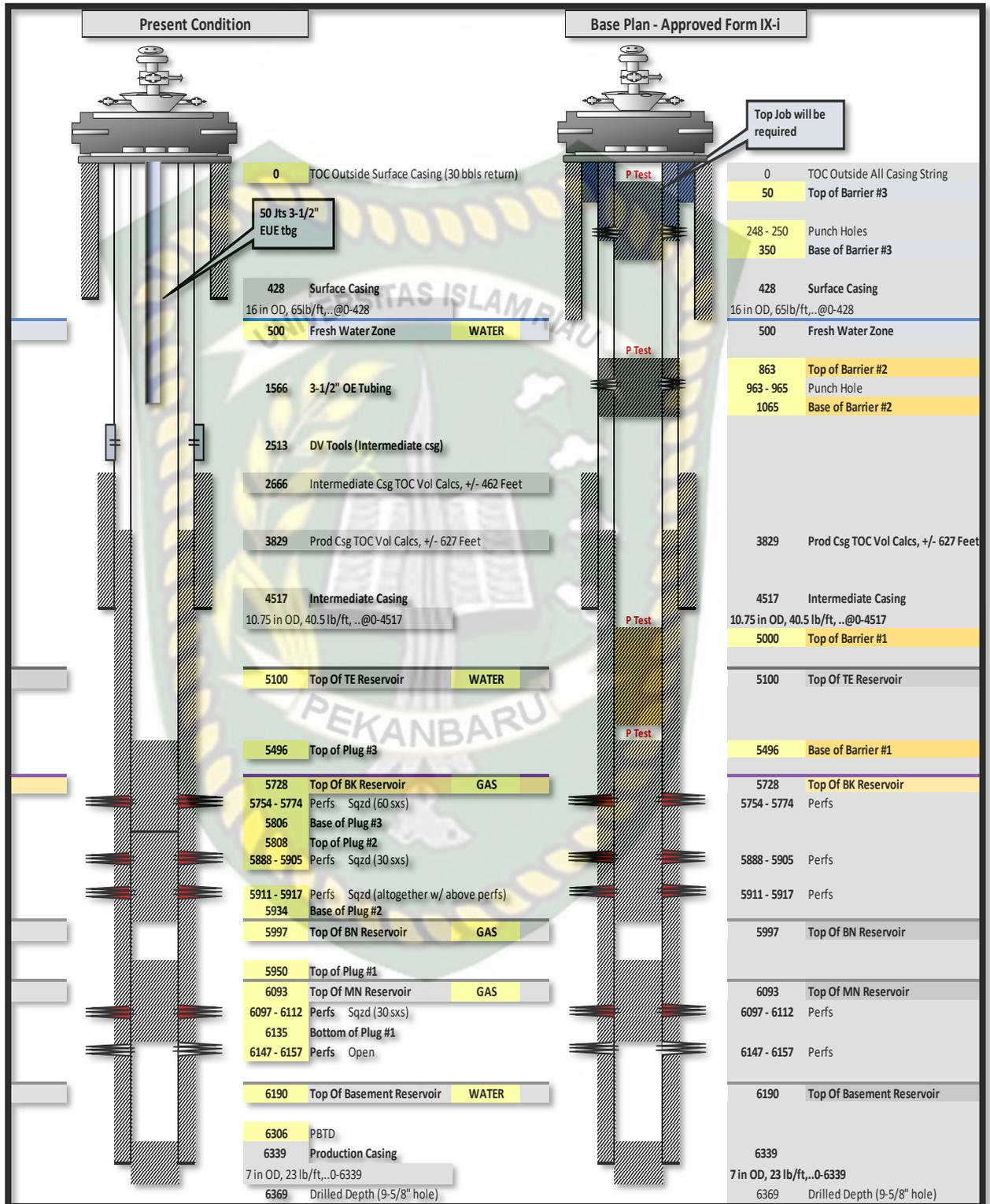
Sumur *Dry Hole* ini merupakan sumur kering yang tidak terindikasi adanya hidrokarbon dan merupakan kegiatan eksplorasi yang tidak berhasil menemukan cadangan migas yang cukup ekonomis untuk dikembangkan. Tujuan dari pengeboran eksplorasi ini adalah untuk membuktikan ada atau tidaknya minyak atau gas (migas) bumi dan memiliki data-data yang akurat mengenai sifat batuan yang akan ditembus. Adapun karakteristik data dari sumur ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Karakteristik Sumur X

NO	Deskripsi	Remarks
1	Nama Sumur	Sumur X
2	Jenis	Eksplorasi
3	Tipe	Vertikal
4	Tanggal Mulai Dibor	11 Maret 1977
5	Mulai Ditutup (<i>plug</i>)	20 Oktober 2020
6	Selesai Ditutup (<i>plug</i>)	19 November 2020
7	RTE (feet)	79.73
8	GLE (feet)	66.73
9	MD/TVD (feet)	6,369/6,369

Sumber : Lapangan A

Berdasarkan data karakteristik sumur X tersebut maka pada penutupan sumur ini mempunyai *plan* (rencana) yaitu dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Sumur X (Lapangan A)

Tabel 4. 2 As Built Data

As Built Data – Casing/Liner Data			
Type	Surface Casing – 13 joints		
Size (Inch)	16”	Burst Rating (psi)	1,148
OD (Inch)	16”	Collapse Rating (psi)	469
ID (Inch)	15.25”	Tension Rating (lbs)	736,000
Weight (lb/ft)	65	Setting Depth (MD)	428’
Grade	H-40	Setting Depth (ft-TVD)	428’
Pressure Test	Yes. Tested to 200 psi on 11-Mar-1977		
Type	Intermediate Casing (String-1) – 95 joints		
Size (Inch)	10-3/4”	Burst Rating (psi)	2,191
OD (Inch)	10-3/4”	Collapse Rating (psi)	1,106
ID (Inch)	10.05”	Tension Rating (lbs)	629,000
Weight (lb/ft)	40.5	Setting Depth (MD)	3,115’
Grade	J-55	Setting Depth (TVD)	3,115’
Pressure Test	Yes. Tested to 1000 psi on 17-Mar-1977.		
Type	Intermediate Casing (String-2) – 45 joints		
Size (Inch)	10-3/4”	Burst Rating (psi)	2,506
OD (Inch)	10-3/4”	Collapse Rating (psi)	1,463
ID (Inch)	9.95”	Tension Rating (lbs)	715,000
Weight (lb/ft)	45.5	Setting Depth (MD)	4,517’
Grade	J-55	Setting Depth (TVD)	4,517’
Pressure Test	Yes. Tested to 1000 psi on 17-Mar-1977		
Type	Production Casing – 193 joints		
Size (Inch)	7”	Burst Rating (psi)	3,052
OD (Inch)	7”	Collapse Rating (psi)	2,289
ID (Inch)	6.366”	Tension Rating (lbs)	366,000
Weight (lb/ft)	23	Setting Depth (MD)	6,339’
Grade	J-55 & N-80	Setting Depth (TVD)	6,339’
Pressure Test	Yes. Tested to 500 psi on 28-Mar-1977		
As Built Data – Fluid Inside Casing			
Fluid Type	Water		
Fluid Weight (ppg)	8.33		

Sumber : Lapangan

Perhitungan Sumur X

Tabel 4. 3 Data Casing Sumur X

<i>casing</i>	OD (inch)	ID (inch)	MD (ft)	Weight (lb/ft)	Grade
Surface	16	15,25	428	65	H-40
Intermediate 1	10-3/4	10,05	3115	40,5	J-55
Intermediate 2	10-3/4	9,95	4517	45,5	J-55
Production	7	6,366	5496	23	J-55

Sumber : Lapangan A

Tabel 4. 4 Data Tubing Sumur X

<i>casing</i>	OD (inch)	ID (inch)	MD (ft)	Weight (lb/ft)	Grade
Surface	3 ½	2,992	5496	9.5	X95

Sumber : Lapangan A

$$\rho = 15.80 \text{ lb/gal}$$

$$\text{yield} = 1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}$$

- **SURFACE**

- a. **Menghitung Kapasitas Annulus**

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\
 &= \frac{15,25^2 - 3,5^2}{1029,4} \\
 &= 0,2140 \text{ bbl/ft}
 \end{aligned}$$

- b. **Volume Annular**

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\
 &= 0,2140 \text{ bbl/ft} \times 13 \text{ jts} \\
 &= 0,2140 \text{ bbl/ft} \times 390 \text{ ft} \\
 &= 83,46 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{15,25^2}{1029,4} \times 390 \text{ ft} \\
 &= 88,1089 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{2.992^2}{1029,4} \times 390 \text{ ft} \\
 &= 3,3916 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\
 &= \frac{3,3916 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\
 &= 11,9 \\
 &= 12 \text{ sak}
 \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned}
 P &= 0,052 \times \rho \times h \\
 &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 390 \text{ ft} \\
 &= 320,424 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

- INTERMEDIET 1**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\text{Kapasitas Annulus} = \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4}$$

$$= \frac{10,05^2 - 3,5^2}{1029,4}$$

$$= 0,0862 \text{ bbl/ft}$$

b. Volume Annular

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\ &= 0,0862 \text{ bbl/ft} \times 95 \text{ jts} \\ &= 0,0862 \text{ bbl/ft} \times 2850 \text{ ft} \\ &= 609,9 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{10,05^2}{1029,4} \times 2850 \text{ ft} \\ &= 279,6358 \text{ bbl} \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{2.992^2}{1029,4} \times 2850 \text{ ft} \\ &= 24,7847 \text{ bbl} \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\ &= \frac{24,7847 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\ &= 87,5 \\ &= 88 \text{ sak} \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= 0,052 \times \rho \times h \\ &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 2850 \text{ ft} \\ &= 2341,56 \text{ psi} \end{aligned}$$

• **INTERMEDIET 2**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\ &= \frac{9,95^2 - 3,5^2}{1029,4} \\ &= 0,0843 \text{ bbl/ft} \end{aligned}$$

b. Volume Annular

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\ &= 0,0843 \text{ bbl/ft} \times 45 \text{ jts} \\ &= 0,0843 \text{ bbl/ft} \times 1350 \text{ ft} \\ &= 113,805 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{9,95^2}{1029,4} \times 1150 \text{ ft} \\ &= 129,836 \text{ bbl} \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{2,992^2}{1029,4} \times 1350 \text{ ft} \\ &= 11,7401 \text{ bb} \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\
 &= \frac{11,7401 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\
 &= 41,5 \\
 &= 42 \text{ sak}
 \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned}
 P &= 0,052 \times \rho \times h \\
 &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 1350 \text{ ft} \\
 &= 1109,16 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

• **PRODUCTION**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\
 &= \frac{6,366^2 - 3,5^2}{1029,4} \\
 &= 0,0274 \text{ bbl/ft}
 \end{aligned}$$

b. Volume Annular

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\
 &= 0,0274 \text{ bbl/ft} \times 193 \text{ jts} \\
 &= 0,0274 \text{ bbl/ft} \times 5790 \text{ ft} \\
 &= 158,646 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{6,366^2}{1029,4} \times 5790 \text{ ft} \\
 &= 227,9437 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID DP^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{2.992^2}{1029,4} \times 5790 \text{ ft} \\
 &= 50,3521 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\
 &= \frac{50,352 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\
 &= 177,8 \\
 &= 178 \text{ sak}
 \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned}
 P &= 0,052 \times \rho \times h \\
 &= 0,052 \times 15,80 \frac{\text{lb}}{\text{gal}} \times 5790 \text{ ft} \\
 &= 4757,064 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Total keseluruhan jumlah semen yang digunakan untun sumur X adalah 320 sak,

- Surface : 12 sak
- Intermediet 1 : 88 sak
- Intermediet 2 : 42 sak
- Production : 178 sak

4.1.1. Pembahasan

Sumur X merupakan sumur *dry hole* di lapangan A, sumur ini dibor pada bulan April 1977 dan sebelum dilakukan pekerjaan *permanent plug* (penutupan selamanya) sebelumnya dilakukan *temporary plug* (penutupan sementara). Oleh karena sumur ini tidak mengalami perkembangan sama sekali pada kurun waktu yang cukup lama dan di putuskanlah untuk dilakukan pekerjaan *permanent plug* pada 20 Oktober 2020 dan sumur ini selesai ditutup pada 19 November 2020. Untuk melakukan pekerjaan penutupan sumur maka perlu menghitung jumlah dari volume semen selama pekerjaan itu berlangsung. Pada sumur X ini terbagi menjadi 3 *section*, untuk *section* pertama yaitu *surface* pada kedalaman lubang 20” sampai 440’ membutuhkan jumlah semen sebanyak 12 sak semen. *Section* kedua atau *intermediet* pada kedalaman lubang 13-3/4” sampai 4520’ ini terbagi lagi menjadi dua yaitu *intermediet* pertama dan *intermdiet* kedua, untuk *intermediet* pertama membutuhkan jumlah semen sebanyak 88 sak sedangkan *intermediet* kedua membutuhkan jumlah semen sebanyak 42 sak. Dan yang terakhir yaitu *section* tiga atau *production* pada kedalaman 9-5/8” sampai 6370’ ini membutuhkan jumlah semen sebanyak 178 sak. Jadi, untuk melakukan penutupan sumur pada sumur X ini membutuhkan jumlah semen sebanyak 320 sak.



Gambar 4. 2 Sumur Sebelum P&A (Lapangan A)



Gambar 4. 3 Sumur Setelah di P&A (Lapangan A)

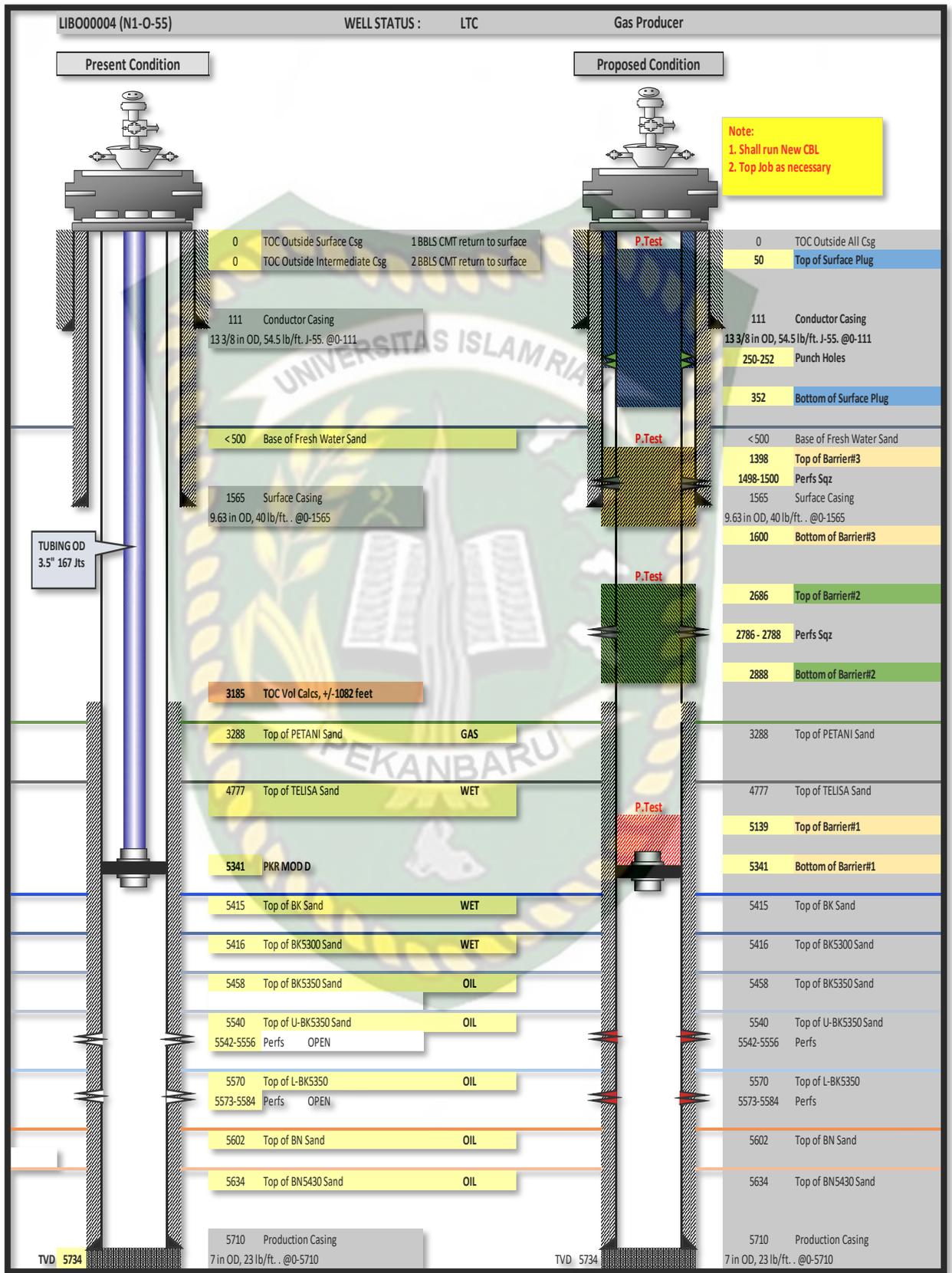
4.2 Sumur Non Produktif

Penutupan sumur non produktif ini merupakan penutupan sumur dimana sumur tersebut sebelumnya pernah memproduksinya fluida tetapi setelah kurun waktu beberapa lama sumur tersebut tidak lagi memiliki kemampuan untu diproduksi sehingga harus di tutup atau biasa di sebut *Plug & Abandonment* (P&A). Adapun karakteristik data dari sumur ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Karakteristik Sumur Y

NO	Deskripsi	Remarks
1	Nama Sumur	Sumur Y
2	Jenis	Produksi
3	Tipe	Vertikal
4	Tanggal Mulai Dibor	19 Mei 1972
5	Mulai Ditutup (<i>plug</i>)	14 Juli 2020
6	Selesai Ditutup (<i>plug</i>)	22 Juli 2020
7	RTE (feet)	101
8	GLE (feet)	86.81
9	MD/TVD (feet)	5710/5710

Sumber: Lapangan A



Gambar 4. 4 Sumur Y (Lapangan A)

Tabel 4. 6 As Built Data

As Built Data – Casing/Liner Data			
Type	Surface Casing		
Size (Inch)	13-3/8"	Burst Rating (psi)	1911 (70%)
OD (Inch)	13-3/8"	Collapse Rating (psi)	79 (70%)
ID (Inch)	12.615	Tension Rating (lbs)	853,000
Weight (lb/ft)	54.5	Setting Depth (MD)	111'
Grade	J-55	Setting Depth (TVD)	111'
Type	Intermediate Casing		
Size (Inch)	9-5/8"	Burst Rating (psi)	3950
OD (Inch)	9-5/8"	Collapse Rating (psi)	2570
ID (Inch)	8.835"	Tension Rating (lbs)	630,000
Weight (lb/ft)	40	Setting Depth (MD)	1529
Grade	J-55	Setting Depth (TVD)	
Type	Production Casing I (25 joints)		
Size (Inch)	7	Burst Rating (psi)	7240
OD (Inch)	7	Collapse Rating (psi)	5410
ID (Inch)	6.276	Tension Rating (lbs)	604,000
Weight (lb/ft)	26	Setting Depth (MD)	5710
Grade	N-80	Setting Depth (TVD)	5710
Type	Production Casing (142 joints)		
Size (Inch)	7	Burst Rating (psi)	4360
OD (Inch)	7	Collapse Rating (psi)	3270
ID (Inch)	6.366	Tension Rating (lbs)	366,000
Weight (lb/ft)	23	Setting Depth (MD)	4912
Grade	J-55	Setting Depth (TVD)	4912
Type	Production Tubing		
Size (Inch)	3.5	Burst Rating (psi)	4060
OD (Inch)	2.99	Collapse Rating (psi)	4004
ID (Inch)	9.3	Tension Rating (lbs)	109,370
Weight (lb/ft)	J-55	Setting Depth (MD)	5346
Grade	3.5	Setting Depth (TVD)	5346
As Built Data – Fluid Inside Casing			
Fluid Type	Oil and water		
Fluid Weight (ppg)	7.21 ppg		

Sumber: Lapangan A

Perhitungan Sumur Y

Tabel 4. 7 Data Casing Sumur Y

<i>casing</i>	OD (inch)	ID (inch)	MD (ft)	Weight (lb/ft)	Grade
Surface	13-3/8	12,615	111	54,5	J-55
Intermediate	9-5/8	8,835	1529	40,5	J-55
Production 1	7	6,276	5710	26	N-80
Production 2	7	6,366	4912	23	J-55

Sumber : Lapangan A

Tabel 4. 8 Data Tubing Sumur Y

<i>casing</i>	OD (inch)	ID (inch)	MD (ft)	Weight (lb/ft)	Grade
Surface	2,99	9,3	5346	3.5	J-55

Sumber : Lapangan A

$$\rho = 15.80 \text{ lb/gal}$$

$$\text{yield} = 1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}$$

- SURFACE
 - a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\ &= \frac{12,615^2 - 2,99^2}{1029,4} \\ &= 0,1459 \text{ bbl/ft} \end{aligned}$$

- b. Volume Annular

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\ &= 0,1459 \text{ bbl/ft} \times 50 \text{ ft} \\ &= 7,295 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{12,615^2}{1029,4} \times 50 \text{ ft} \\
 &= 7,729 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h \\
 &= \frac{9,3^2}{1029,4} \times 50 \text{ ft} \\
 &= 4,2009 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\
 &= \frac{4,2009 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\
 &= 14,8 \\
 &= 15 \text{ sak}
 \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned}
 P &= 0,052 \times \rho \times h \\
 &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 50 \text{ ft} \\
 &= 41,08 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

- INTERMEDIET**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\text{Kapasitas Annulus} = \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4}$$

$$= \frac{8,835^2 - 2,99^2}{1029,4}$$

$$= 0,0671 \text{ bbl/ft}$$

b. Volume Annular

$$\text{Kapasitas Annulus} = \text{Annular Capacity} \times \text{length}$$

$$= 0,0671 \text{ bbl/ft} \times 111 \text{ ft}$$

$$= 7,4481 \text{ bbl}$$

c. Volume Semen

$$V = \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h$$

$$= \frac{8,835^2}{1029,4} \times 111 \text{ ft}$$

$$= 8,4169 \text{ bbl}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$V = \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h$$

$$= \frac{9,3^2}{1029,4} \times 111 \text{ ft}$$

$$= 9,3262 \text{ bbl}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\text{Jumlah Sak Semen} = \frac{v \times 5,615}{\text{yield}}$$

$$= \frac{9,3262 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}}$$

$$= 32,9$$

$$= 33 \text{ sak}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= 0,052 \times \rho \times h \\ &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 111 \text{ ft} \\ &= 91,1976 \text{ psi} \end{aligned}$$

• **PRODUCTION 1**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\ &= \frac{6,276^2 - 2,99^2}{1029,4} \\ &= 0,0296 \text{ bbl/ft} \end{aligned}$$

b. Volume Annular

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\ &= 0,0296 \text{ bbl/ft} \times 25 \text{ jts} \\ &= 0,0296 \text{ bbl/ft} \times 750 \text{ ft} \\ &= 22,2 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{6,276^2}{1029,4} \times 750 \text{ ft} \\ &= 28,6974 \text{ bbl} \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ DP}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{9,3^2}{1029,4} \times 750 \text{ ft} \\ &= 63,0149 \text{ bbl} \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\ &= \frac{63,0149 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\ &= 222,5 \\ &= 223 \text{ sak} \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= 0,052 \times \rho \times h \\ &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 750 \text{ ft} \\ &= 616,2 \text{ psi} \end{aligned}$$

• **PRODUCTION 2**

a. Menghitung Kapasitas Annulus

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \frac{ID \text{ CSG}^2 - OD \text{ DP}^2}{1029,4} \\ &= \frac{6,366^2 - 2,99^2}{1029,4} \\ &= 0,0307 \text{ bbl/ft} \end{aligned}$$

b. Volume Annular

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Annulus} &= \text{Annular Capacity} \times \text{length} \\ &= 0,0307 \text{ bbl/ft} \times 142 \text{ jts} \\ &= 0,0307 \text{ bbl/ft} \times 4260 \text{ ft} \\ &= 130,7820 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. Volume Semen

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID \text{ CSG}^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{6,366^2}{1029,4} \times 4260 \text{ ft} \\ &= 167,7099 \text{ bbl} \end{aligned}$$

d. Volume Fluida Pendorong

$$\begin{aligned} V &= \frac{ID DP^2}{1029,4} \times h \\ &= \frac{9,3^2}{1029,4} \times 4260 \text{ ft} \\ &= 357,9244 \text{ bbl} \end{aligned}$$

e. Jumlah Sak Semen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sak Semen} &= \frac{v \times 5,615}{\text{yield}} \\ &= \frac{357,9244 \text{ bbl} \times 5,615}{1,59 \text{ ft}^3/\text{sak}} \\ &= 1263,9 \\ &= 1264 \text{ sak} \end{aligned}$$

f. Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= 0,052 \times \rho \times h \\ &= 0,052 \times 15,80 \text{ lb/gal} \times 4260 \text{ ft} \\ &= 3500,016 \text{ psi} \end{aligned}$$

Total keseluruhan jumlah semen yang digunakan untun sumur Y adalah 1535 sak,

Surface : 15 sak

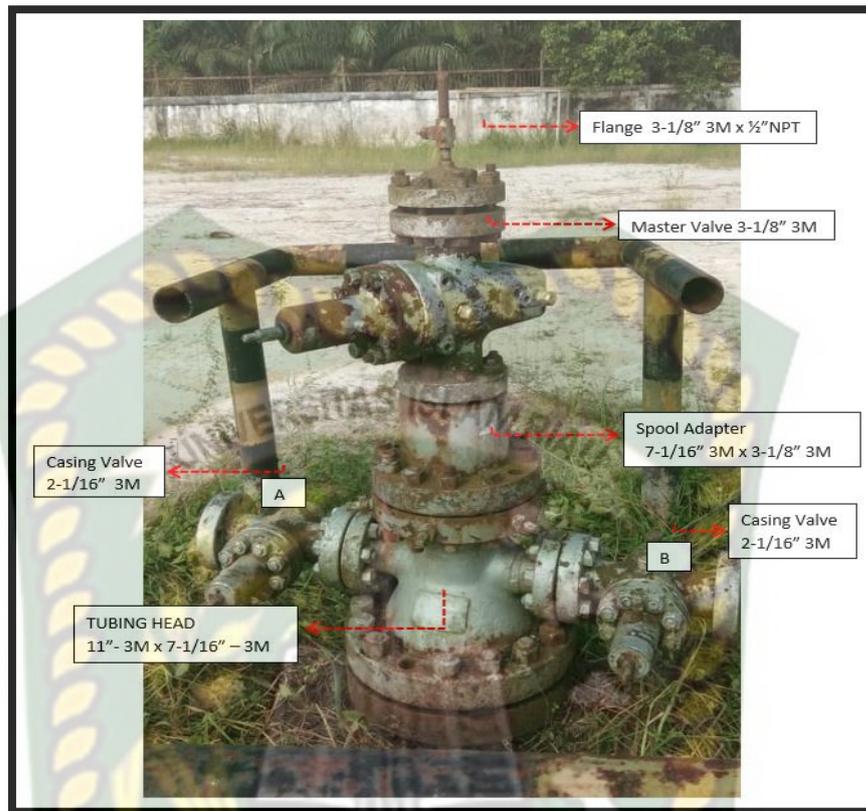
Intermediet : 33 sak

Production 1 : 223 sak

Production 2 : 1264 sak

4.2.1 Pembahasan

Sumur Y ini merupakan sumur non produktif dimana sumur ini mengalami penurunan produksi dan mengalami korosi *casing*. Sumur Y ini tidak memungkinkan lagi untuk diproduksi karena hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Sumur ini melakukan tiga kali *section* dalam proses penutupan sumur, *section* pertama atau *surface* pada kedalaman lubang 13-3/8” sampai 352’ memerlukan jumlah semen sebanyak 15 sak. Untuk *section* kedua atau *intermediet* pada kedalaman lubang 9,63’ sampai 1600” membutuhkan jumlah semen sebanyak 33 sak semen. Sedangkan untuk *section* ketiga ini atau *production* ini terbagi menjadi dua lagi yaitu *production* pertama dan *production* kedua untuk *production* pertama membutuhkan jumlah semen sebanyak 223 sak semen sedangkan untuk *production* kedua membutuhkan 1264 sak semen. Jadi, untuk melakukan penutupan sumur pada sumur Y ini membutuhkan jumlah semen sebanyak 1535 sak.



Gambar 4. 5 Sumur Y Sebelum di PA (Lapangan A)



Gambar 4. 6 Sumur Y Setelah Di PA (Lapangan A)

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa data maka alasan di lakukannya *Plug & Abandonment* (P&A) adalah sebagai berikut:

1. Sumur X adalah sumur eksplorasi dimana sumur ini tidak mengalami perubahan dari awal dilakukannya pemboran dan merupakan sumur *Dry Hole* sedangkan Sumur Y adalah sumur produksi yang mengalami penurunan produksi dan tidak memungkinkan untuk di produksi kembali dan sesuai dengan aturan yang ada sehingga kedua sumur ini harus di *Plug & Abandonment* (P&A) secara permanen.
2. Sumur X dan Sumur Y sama-sama melakukan penutupan sumur secara permanen, tetapi sumur X ini sebelum dilakukan *Permanent Plug* (penutupan selamanya) pernah dilakukan *Temporary Plug* (penutupan sementara) untuk memastikan apakah sumur tersebut masih layak atau tidak untuk diproduksi dalam jangka waktu yang panjang
3. Volume semen untuk sumur X jumlahnya lebih kecil dibandingkan sumur Y. Untuk penutupan sumur di Lapangan ini, sumur X menggunakan jumlah semen sebanyak 320 sak sedangkan sumur Y sebanyak 1535 sak semen.

5.2 SARAN

Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk menghitung keekonomisan dari pekerjaan *Plug & Abandonment* (P&A) dan menggunakan metode lainnya dalam proses pekerjaan penutupan sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (N.D.). Drilling Operation For Safe Conduct Of Onshore And Offshore In Indonesia- Implementation. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Bayu Rahmadika, Irvani, Yayuk Apriyanti. (2017). Pengaruh Pengurangan Setting Time Pada Semen Tahan API Dengan Penambahan Oil Well Cement. *Jurnal Mineral*, 41-47.
- Caltex Pasific Indonesia. (2001, November). Well Abandonment Guidelines Bekasap SBU.
- Eko Prasetyo, Taufik Arief, Ubaidillah Anwar Prabu. (N.D.). *Perencanaan Squeeze Cementing Metode Balance Plug Pada Sumur X Dan Sumur Y Di Lapangan Ogan Pt. Pertamina Ep Asset 2 Prabumulih*. Palembang-Prabumulih: Universitas Sriwijaya.
- Erwin Sianturi Dan Moses Laksono Singgih. (2016). Analisa Dan Perbaikan Proses Pelaksanaan Penutupan Sumur Minyak Dan Gas Di Daerah Operasi Lepas Pantai Kalimantan, Chevron Indonesia Company Dengan Konsep Lean Manufacturing. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV*, B.21.1 - B.21.10.
- Fitrianti. (N.D.). Pengaruh Lumpur Pemboran Dengan Emulsi Minyak Terhadap Kerusakan Formasi Batu Pasir Lempungan (Analisa Uji Laboratorium). *Jurnal Of Eart, Energy, Engineering*, 67-79.
- Gatrin, C. (1960). Petroleum Engineering Drilling And Well Completion. *Pretentice Hall, Inc*.
- Hoghes, J. (1989). *Squeeze Cementing Methods And Materials*. Lubbock: SPE Squeeze Symposium.
- Indraguna, ST. (1998). *Evaluasi Squeeze Cementing Terhadap Beberapa Sumur Minyak Di Lapangan Minas PT. CPI*. Riau: Tugas Akhir Teknik Perminyakan UIR.

- Irwin, R. W. (2015). Penentuan Awal Minyak Dan Peramalan Produksinya Dengan Decline Curve Analysis DI Lapangan "R". *Seminar Nasional Cendekiawan*, 411-421.
- Nelson, E. B. (1990). *Well Cementing*. France: Saint-Etienne.
- Novrianti, Mursyidah, Teguh Prasetya Utama. (N.D.). Studi Laboratorium Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Arang Batok Kelapa Terhadap Thickening Time Dan Free Water Semen Pemboran. *Journal Of Earth Energy Engineering*, ISSN 2540 - 9352.
- NPC North American Resource Development Study Made Available September 15. (2011). Plugging And Abandonment Of Oil And Gas Wells. *Paper #2-25*.
- Pratamaandrian Gunrso, Muh Taufiq Fathaddin, Onnie Ridaliani . (2015). Seminar Nasional Cendekiawan 2015. *Analisa Well Testing Sumur Lapangan T Dengan Metoda Horner Dan Type Curve Derivative*, 351.
- PT. Chevron Pacific Indonesia. (N.D.). *Buku Panduan "Mencerdaskan Anak Bangsa"*.
- Rosidan, C. (2019). Analisis Compressive Strenght Dan Thickening Time Semen Kelas G Dengan Penambahan Additive Sodium Lignosulfanate Dan Cacl₂ Pada Skala Laboratorium. *Jurnal Petro*, 95-101.
- Rubiandini, R. (2012). *Teknik Operasi Pemboran Volume I Edisi I*. Bandung : ITB.
- Ryabchikov, A. (2015, Oktober). *P&A Cementing Technology Update*. Schlumberger: Norway Cementing Technical Manager.
- Saasen, M. K. (2020). *Introduction To Permanent Plug And Abandonment Of Wells*. New Orleans, La, Usa: Springer Open.
- Samura, L., Ainurridha, K. A., & Zabidi, L. (2017). Pengujian Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif Retader. *Jurnal Petro*, 49-53.
- Simanungkalit, R. S. (2018). Analisa Penentuan Open End Pada Pelaksanaan Squeeze Cementing Di Zona Porous Sumur A Lapangan B. *Journal Of Mechanical Engineering And Mechatronics*, 91-97.

- Suparman ST. (2016). *Evaluasi Permasalahan Sumur Pada Lapangan SBOBET Untuk Dilakukan Plugabandonment*. Pekanbaru: Universitas Islm Riau.
- Tio Putra Negara Dan Abdul Hamid. (2015). Pengaruh Penambahan Accelerator "KCL", "Na₂SiO₃" Dan "CAL-SEAL" Sebagai Additive Semen Kelas A Terhadap Thickening Time, Compressive Strength Dan Rheology Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (BHCT) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi Univ Trisakti. *Seminar Nasional Cendikiawan*, 543-549.
- Torbjorn Vralstada, Arild Saasen, Erling Fjaera, Thomas Oiaa, Jan David Ytrehusa. (2019). Plug & Abandonment Of Offshore Wells: Ensuring Long-Term Well Integrity. *Journal Of Petroleum Science And Engineering* 173, 478-491.
- Yazid, F. E., Hamid, A., & Affifah, A. N. (2015). Evaluasi Peneyemenan Casing Liner 7" Pada Sumur X-1 Dan Y-1 Blok LMG. *Seminar Nasional Cendikiawan*, 88-95.
- Zalmendra, ST. (1999). *Evaluasi Squeeze Cementing Dalam Hubungannya Dengan Program Frac-Pack Unit Reservoir I Rindu Lapangan Minyak Duri* . Riau: Tugas Akhir Teknik Perminyakan UIR.