

**ANALISIS PERFORMA *PIPE RECOVERY* MELALUI
PEMILIHAN METODA *CUTTERS* JENIS *EXPLOSIVE JET*
CUTTER DENGAN PERAMALAN PRODUKSI
MENGUNAKAN IPR METODA *FETKOVICH* DAN
DECLINE CURVE ANALISIS PADA SUMUR YANG
MENGALAMI *STICKING***

TUGAS AKHIR

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik
Perminyakan*

Oleh:

RIAT SUSANTO

153210273



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Riat Susanto

NPM : 153210273

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Tugas Akhir : Analisis Performa Pipe Recovery Melalui Pemilihan Metoda Cutters Jenis Explosive Jet Cutter Dengan Peramalan Produksi Menggunakan IPR Metoda Fetkovich Dan Decline Curve Analisis Pada Sumur Yang Mengalami Sticking

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 : Richa Melysa, S.T., M.T (.....)

Penguji I : Ir. H Ali Musnal, M.T (.....)

Penguji II : Novia Rita, S.T., M.T (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 11 Januari 2021

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


NOVIA RITA, S.T., M.T

**DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

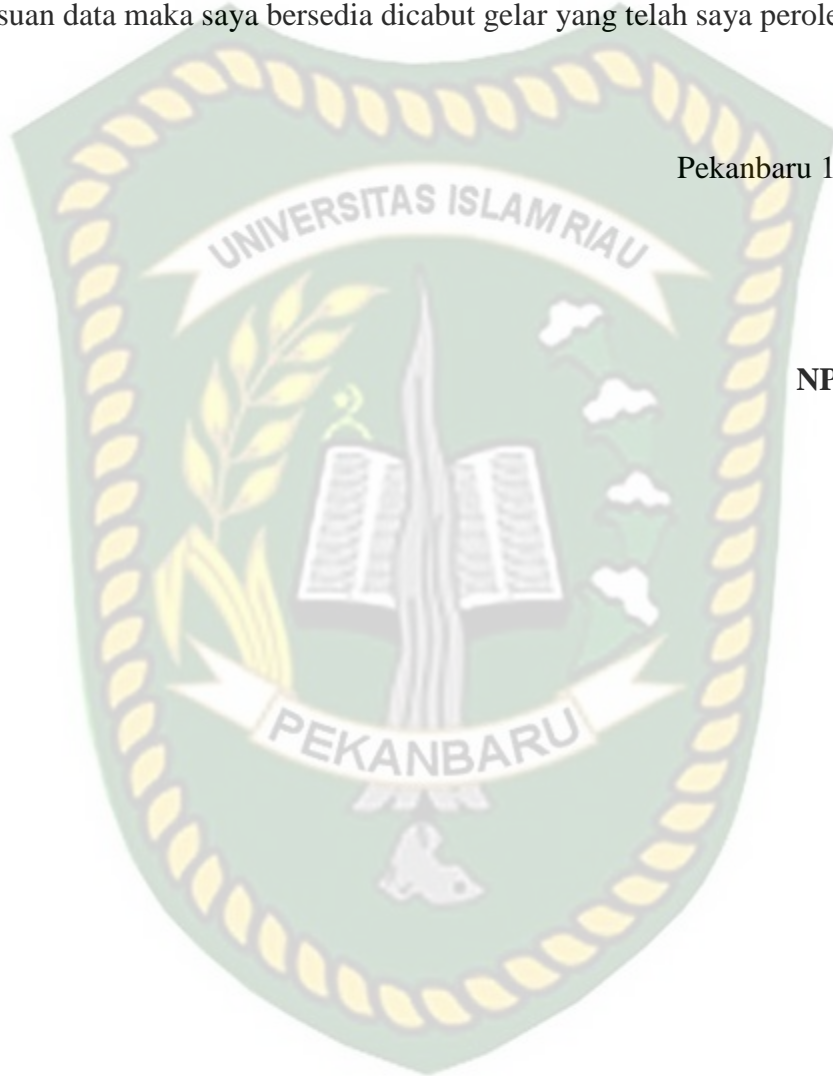

RICHA MELYSA, S.T., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Pekanbaru 11 januari 2021

Riat Susanto
NPM 153210273



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Saya meyakini bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Novia Rita ST,MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.
2. Bapak Tomi Erfando ST, MT Selaku Sekertaris Prodi Studi Teknik Perminyakan.
3. Ibu Richa Melysa S.T.,M.T yang sudah meluangkan waktu dan memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
4. Para Dosen beserta staff pengajar Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
5. Bapak M EkaNasril PT. Precision Energy Services Indonesia (Weatherford) yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan tugas akhir
6. Kedua Orang Tua saya Bapak Alizarman dan Alm.Ibu Asmaniar yang selalu mendoakan dan memberi semangat selama pengerjaan proposal penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.

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

Pekanbaru, 06 November 2020

Riat Susanto

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRAK</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>WORKOVER</i> dan <i>WELL SERVICE</i>	4
2.2 <i>Jenis Jenis Well Completion</i>	5
2.2.1 <i>Formation Completion</i>	5
2.2.2 <i>Tubing Completion</i>	5
2.2.3 <i>Wellhead Completion</i>	6
2.3 <i>PIPE RECOVERY</i>	6
2.4 <i>STICKING</i>	7
2.5 <i>FREE POINT TOOL</i>	10

2.5.1 Estimasi Free Point	10
2.5.2 Stretch Method	13
2.5.5 Perhitungan Wall Thickness pada Tubing dalam Pemilihan Metoda Cutters	13
2.5.6 Perhitungan Beban Torque Connection	13
2.5.7 Free-Point Indicator Tool (FPIT).....	15
2.5.8 Menghitung Laju Alir pada Tubing	16
2.5.9 Decline Curve Analisis	17
2.6 METODA CUTTERS	19
BAB III METODELOGI PENELITIAN	23
3.1 METODE PENELITIAN	23
3.3 FLOW CHART	24
3.4 JENIS PENELITIAN.....	25
3.4.1 Studi Lapangan.....	25
3.4.2 Data Analysis Permasalahan Sumur	25
3.4.5 Interview (Wawancara).....	26
3.5 TAHAP PENGUMPULAN DATA	26
3.5.1 Data Rumus untuk menentukan stretch pipa.....	26
3.5.2 Data untuk metoda jet cutters	27
3.5.3 Data Peralatan Metoda Cutters	27
3.5.4 Data Sumur	27
3.6 WAKTU PELAKSANAAN TUGAS AKHIR.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 ANALISIS SUMUR	43

4.2	ANALISIS PERHITUNGAN ESTIMASI FREE POINT	46
4.3	ANALISIS <i>EXPLOSIVE JET CUTTERS</i> PADA SUMUR X.....	52
4.4	ANALISIS PERALAMAN PRODUKSI IPR FETKOVICH DAN DECLINE CURVE ANALISIS)	55
4.4.3	Peramalan produksi IPR Fetkovich	55
4.4.4	Decline Curve Analisis	55
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	58
4.1	KESIMPULAN.....	58
4.2	SARAN	59
	DAFTAR PUSTAKA	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyebab terjadinya <i>sticking</i> (weatherford, 2009)	8
Gambar 2.2 Screen <i>liner completion</i> (Amin, 2013)	8
Gambar 2.3 Penyebab terjadinya <i>sticking</i> (weatherford, 2009)	9
Gambar 2.4 Gambar CT camera downhole (Al-Hajri et al., 2017)	9
Gambar 2.5 Dual Sensor Free Point Tool (Ode & Aplication, 2011)	10
Gambar 2.6 Pemotongan Metoda <i>Cutters</i> di Gulf Mexico (Jurgens, 2009).....	20
Gambar 2.7 <i>Cutters</i> RCT dekat dengan zona perforasi (Jurgens, 2009).....	20
Gambar 2.8 Control Window EPC (De Paula Carvalho et al., 2017)	21
Gambar 2.9 <i>Jetcutters</i> Tubing Completion (Plate, 2016).....	21
Gambar 2.10 <i>Radial Cutting Torch</i> (Technology, Technology, & Tools, n.d.)	22
Gambar 2.11 Rangkaian RCT (Training, 2010).....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Wilayah Kerja Pertamina Asset 1(Pertamina Asset 1, 2018)	25
Gambar 4.1 Well Schematic dan Well diagram	30
Gambar 4.2 <i>Overpull</i> Tension	33
Gambar 4.3 Data Grafik DSFP Sumur X	49
Gambar 4.4 DSFP dan Panel DSFP	51
Gambar 4.5 Hasil Pemotongan EJC	54
Gambar 4.6 Hasil Kurva IPR.....	42
Gambar 4.7 DCA sumur x.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Sumur Sticking	7
Tabel 2.2 Bouyancy Factor.....	11
Tabel 2.3 Diameter and weight Tubing.....	15
Tabel 3.1 Data <i>strecth pipe</i>	26
Tabel 3.2 Pemilihan <i>Jetcutters</i>	27
Tabel 3.3 spesifikasi tubing.....	27
Tabel 3.4 Data Sumur X.....	28
Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.....	28
Tabel 4.1 Jenis Sumur	43
Tabel 4.2 Data Tubing Sumur X.....	29
Tabel 4.3 Data Sumur Indikasi Sticking.....	30
Tabel 4.4 Data Sumur X.....	32
Tabel 4.5 Data Stretch Tubing	34
Tabel 4.6 Estimasi Free Point Sumur X.....	34
Tabel 4.7 Data Grafik DSFP Sumur X.....	36
Tabel 4.8 Menghitung <i>Torsi Connection</i> Tubing.....	37
Tabel 4.9 Performa Explosive Jet <i>Cutters</i>	39
Tabel 4.10 Klasifikasi massa explosive	39
Tabel 4.11 Penentuan Kurva Decline.....	41

DAFTAR SINGKATAN

PR	<i>Pipe Recovery</i>
EJC	<i>Explosive Jet Cutters</i>
BBL	Barrel
QO	Laju Alir Minyak
BOPM	Barrel Oil Per Month



**ANALISIS PERFORMA *PIPE RECOVERY* MELALUI PEMILIHAN
METODA *CUTTERS* JENIS EXPLOSIVE JET CUTTER DENGAN
PERAMALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN IPR METODA
FETKOVICH DAN DECLINE CURVE ANALISIS PADA SUMUR
YANG MENGALAMI *STICKING***

RIAT SUSANTO

153210273

ABSTRAK

Seiring berjalannya waktu sumur minyak dan gas akan mengalami penurunan produksi yang disebabkan oleh permasalahan pada sumur sehingga perlu melakukan perawatan rutin untuk mengontrol laju produksi. Pekerjaan *workover* atau *well service* di Rantau sering ditemukan permasalahan *sticking* pada *tubing completion* yang mengakibatkan tubing tidak dapat dicabut paksa. Penanganan untuk permasalahan *sticking* ini dikenal sebagai *pipe recovery* yang dikerjakan oleh *service company weatherford*. Pada penelitian ini berfokus untuk menentukan metoda *cutters* yang efektif, efisien, dan tingkat keberhasilannya tercapai dalam hubungan pengeluaran biaya operasi keseluruhan *pipe recovery*. Analisis permasalahan dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan pada sumur *sticking* sehingga mampu dilakukan perhitungan dan penentuan *free point* dengan metoda *estimasi free point (EFP)* melalui *stretch pipe* dan menggunakan *wireline manual logging tool* yang dikenal sebagai *Dual Sensor Free Point Tool*. Sumur yang dilakukan pekerjaan *workover perforation* yaitu sumur x, sumur ini mengalami indikasi *sticking* kemudian dilakukan *pipe recovery*. Hasil analisis dan perhitungan didapatkan nilai estimasi titik potong kedalaman 2686 ft menggunakan metoda *cutter explosive jet cutter* jenis HJC-1460-4001 dengan massa explosive 13,9 gr berdasarkan parameter perhitungan wall thickness tubing 2 3/8 sebesar 0,167 in. Analisis performa pada sumur yang mengalami *sticking* setelah dilakukan *pipe recovery* dan melakukan peramalan produksi menggunakan metoda fetkovich diperoleh hasil laju alir oil sebesar 164 bopd dengan kenaikan persentase produksi melalui decline curve analisis sebesar 200%.

Kata Kunci : Pipe Recovery, Sticking, metoda cutters

**THE PERFORMANCE ANALYSIS AND COST OF PIPE RECOVERY
THROUGH THE ELECTION OF CUTTERS METHOD TYPES OF EXPLOSIVE
JET CUTTER WITH PRODUCTION FORECASTING USING IPR FETKOVICH
METHOD AND DECLINE CURVE ANALYSIS ON STICKING WELLS**

RIAT SUSANTO

153210273

ABSTRAK

As time goes by, oil and gas wells will run into a production decline due to problems in well, thus it is necessary to execute routine maintenance to control the production rate. Workover or well service job in Rantau is often found sticking problem on tubing completion with adverse impact on resulting tubing can't forcibly removed. The treatment for these sticking issues is known as pipe recovery undertaken by Weatherford, the service company. This research focuses on determining the cutters method which is effective, efficient, and success rates achieved in the total pipe recovery cost relationships. The problem analysis is done by collecting necessary data on sticking well so it is able to make free point calculation and determination with Free Point Estimation (EFP) through the stretch pipe and use a wireline manual logging tool known as Dual Sensor Free Point Tool. "X" well is applied workover perforation job, the well has sticking issue thus pipe recovery is undertaken in this well. The results of the analysis and calculations obtained the estimated value of the cut point at a depth of 2686 ft using the cutter method HJC-1460-4001 with an explosive mass of 13.9 g based on the calculation parameter of wall thickness tubing 2 3/8 of 0.167 in. Performance analysis on wells that experienced sticking after pipe recovery and forecasting production using the fetkovich method resulted in an oil flow rate of 164 bopd with an increase in the percentage of production through a decline curve analysis of 200%.

Kerywords : Pipe Recovery, Sticking, metoda cutters

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam proses eksplorasi minyak bumi terdapat beberapa tahapan, setelah dilakukan pengembangan dalam menemukan dan menentukan sumur yang berpotensi memiliki hidrokarbon, perlu dilakukan tahap pemboran yang bertujuan untuk mengangkat fluida ke permukaan. Seiring berjalannya waktu, dalam proses produksi banyak ditemukan masalah yang menyebabkan produksi menurun sehingga diperlukan optimasi dan dilakukan pekerjaan *workover* atau *well service*. Tahap pekerjaan *workover* yang dilakukan adalah perforasi sebagai upaya mengontrol penurunan produksi, pekerjaan ini perlu mengeluarkan tubing dari dalam sumur terlebih dahulu sehingga *tool* yang dipakai bisa di operasikan, tetapi ketika tubing dikeluarkan *weight* indicator yang terlihat melebihi dari normal tension weight tubing dan tubing tidak bisa dicabut ini dikenal sebagai masalah *sticking* (Putra, 2018).

Sebelum dilakukan pekerjaan perforasi tubing dikeluarkan terlebih dahulu, Masalah pada saat pekerjaan mengeluarkan tubing yang terjadi adalah *sticking* pada *tubing completion*, hal ini sangat penting ditangani dengan cepat agar operasi kembali berjalan lancar sehingga sumur bisa berproduksi kembali. *Pipe Recovery* merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengatasi tubing saat mengalami *stuck*. Tahapan yang dilakukan untuk menilai performa *pipe recovery* melalui parameter analisis kondisi sumur, menentukan *free point* (titik jepit), menghitung parameter nilai wall thickness tubing yang akan dipotong untuk dipilih jenis metoda *cutters explosive jet cutter* sehingga mendapatkan performa *pipe recovery* yang baik dan tingkat pemotongannya berhasil (Hazmat, 2016).

Menghitung laju alir dan juga peramalan produksi menggunakan metoda Fetkovich dan *Decline curve analysis* (DCA) sebagai analisis performa yang cocok pada sumur ini karena nilai tekanan reservoir lebih rendah dari tekanan bubble point sehingga digunakan metoda peramalan IPR fetkovich untuk mengetahui laju alir optimum dan dilakukan analisis DCA untuk melihat performa pada sumur yang mengalami *sticking*.

Penulis memilih penelitian di PT. Precision Energy Service Indonesia (Weatherford) Duri karena selain perusahaan tersebut mengatasi permasalahan pada *pipe recovery* yang sangat berkaitan dengan topik tugas akhir penulis, perusahaan tersebut juga terletak tidak jauh dari tempat domisili penulis sehingga dapat memudahkan penulis dalam melakukan penelitian ini.

Pekerjaan ini dilakukan dalam upaya melanjutkan pekerjaan perforasi dan untuk memproduksi sumur kembali, apabila tidak dilakukan sumur tidak bisa memproduksi sehingga dapat menyebabkan menyebabkan *Non Productive Time (NPT)* sehingga dapat mengalami kerugian akibat sumur tidak dapat memproduksi (humasskkmigas, 2018.) Sumur yang dipilih oleh penulis untuk di analisis *pipe recovery* merupakan sumur yang terletak di Rantau PT PERTAMINA ASSET 1, sumur ini memiliki permasalahan dalam pekerjaan perforasi untuk mengeluarkan tubing yang *stuck*. Beberapa metoda untuk memotong pipa yang mengalami *sticking* yaitu *mechanical cutters, chemical cutters, explosive jet cutters, Radial Cutting Torch*, dan terdapat teknologi pemotong lain yang digunakan oleh karena itu dipilih metoda *cutters* yang efektif dengan parameter kondisi sumur yang akan di *pipe recovery* untuk memotong tubing dengan metoda *explosive jet cutters* pada penelitian ini . Sebagai seorang *engineer* dalam permasalahan *sticking* harus mampu memilih metoda *cutters* yang efektif agar kerugian yang dialami perusahaan tidak begitu besar (Mohanna, Voghell, Alali, Bakir, & Al-Mousa, 2012).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *estimasi free point* berdasarkan total berat rangkaian (overpull) dan jenis cutter disesuaikan dengan faktor buoyancy pada pipa.
2. Menganalisis performa *pipe recovery* melalui pemilihan metoda cutter jenis *explosive jet cutter* dengan peramalan produksi menggunakan metoda *fetkovich* dan *decline curve analysis*

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk perusahaan mampu memberikan gambaran tentang masalah yang terjadi pada sumur *sticking* dengan pemilihan metoda *cutters* dan peramalan produksi menggunakan IPR dan decline curve analisis
2. Untuk peneliti selanjutnya dapat menjadi acuan dalam pemilihan metoda cutter pada sumur yang mengalami *sticking*.

1.4 BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya permasalahan tentang *pipe recovery* , maka perlu membatasi permasalahan yang akan di bahas dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Fokus pada perhitungan untuk menentukan titik potong berdasarkan total berat rangkaian (overpull) dan jenis cutter disesuaikan dengan faktor buoyancy pada pipa.
2. Menghitung laju alir menggunakan metoda fetkovich untuk menganalisis performa menggunakan decline curve analisis untuk mengetahui performa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Ilmu pengetahuan dan teknologi perminyakan berkembang setiap harinya, hal ini sesuai dengan isi surat Al Baqarah Ayat 164 yang berbunyi : Inna fī khalqis-samāwāti wal-arḍi wakhtilāfil-laili wan-nahāri wal-fulkillatī tajrī fil-baḥri bimā yanfa'un-nāsa wa mā anzalallāhu minas-samā`i mim mā`in fa aḥyā bihil-arḍa ba'da mautihā wa bašša fihā ming kulli dābbatiw wa tašrīfir-riyāḥi was-saḥābil-musakhkhari bainas-samā`i wal-arḍi la`āyātil liqaumiyy ya'qilūn Artinya :“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan”. Berdasarkan ayat diatas bahwa kita sebagai manusia harus terus memikirkan inovasi-inovasi yang dapat menunjang kehidupan manusia terkhusus didalam bidang perminyakan.

2.1 WORKOVER dan WELL SERVICE

Menurut (Fitrianti & Novrianti, 2017) Sumur yang dilakukan kerja ulang (*workover*) harus memiliki data kompleksi sehingga mampu dilakukan pengamatan ataupun analisa permasalahan. Pekerjaan yang akan dilakukan memiliki resiko kegagalan dalam pemotongan tubing sehingga perlu diperhatikan.

Menurut Ken and Stewart (1987) Proses *well service* itu sendiri bertujuan untuk pengembangan sumur, *maintenance*, pergantian (*repair*) peralatan produksi demi meningkatkan produksi minyak pada Sumur (Mansour, Ahmad, & Technology, 2013). Menurut (Level, 2013) sumur yang dilakukan *workover* sudah berproduksi dan perlu dilakukan *maintenance* agar penurunan produksi dapat dikontrol.

Adapun jenis pekerjaan *workover* dan *wellservice* berupa sebagai berikut:

1. *Perforation*

Perforation adalah suatu pekerjaan pembuatan lubang pada *production casing* atau liner yang bertujuan untuk menciptakan komunikasi aliran antara antara reservoir dengan lubang sumur sumur (Apolianto & Mucharam, 2012)

2. *Zona Isolation*

Zona Isolation merupakan suatu proses mengisolasi zona yang tidak produktif atau mencari zona produktif yang baru untuk mendapatkan hydrocarbon yang diinginkan (Novrianti, 2015)

3. *Sand Cleanout*

Sand Cleanout merupakan pekerjaan yang bertujuan untuk membersihkan atau menghilangkan (*remove*) pasir atau material lainnya dari lubang bor.

4. *Stimulation*

Stimulation adalah suatu pekerjaan yang bertujuan untuk memperbaiki sumur yang mengalami penurunan produksi yang disebabkan oleh kerusakan formasi maupun adanya endapan–endapan didalam sumur.

2.2 Jenis Jenis Well Completion

Well Completion berdasarkan jenis dan tujuannya dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu *Formation completion*, *Tubing completion*, dan *Wellhead Completion*.

2.2.1 Formation Completion

Merupakan jenis kompleksi yang bertujuan untuk memaksimalkan aliran fluida dari reservoir kedalam sumur. Berdasarkan peralatan dan fungsinya maka *formation completion* dapat dibagi beberapa metoda, yaitu *Open Hole Completion*, *sand exclusion completion*, *perforated casing completion*.

2.2.2 Tubing Completion

Tujuan *tubing completion* adalah mempersiapkan sumur supaya fluida yang telah ada didasar sumur dapat mengalir kepermukaan dengan *rate* optimal. Ada tiga jenis *tubing completion* yaitu *single completion*, *multiple completion*, dan *comingle completion*. Pengaruh laju produksi dan gas liquid ratio terhadap *pressure loss* bahwa

pada laju produksi yang rendah mengakibatkan kehilangan tekanan yang besar. Hal ini disebabkan pada kecepatan rendah, gas yang ada dalam larutan mendapat kesempatan untuk melepaskan diri dari larutan sehingga akan terjadi *slippage*. Makin besar laju produksi maka kehilangan tekanan karena *slippage* makin kecil dan akan mencapai minimum pada GLR tertentu. Bila laju produksi diperbesar maka kehilangan tekanan makin besar lagi karena gesekan dengan tubing menjadi besar. (Putra, 2018)

2.2.3 Wellhead Completion

Wellhead atau kepala sumur adalah istilah yang digunakan untuk menguraikan peralatan yang terpaut pada bagian atas dari rangkaian pipa di dalam suatu sumur untuk menahan dan menopang rangkaian pipa, menyekat daripada masing-masing *casing* dan *tubing* serta untuk mengontrol produksi sumur.

2.3 PIPE RECOVERY

Perusahaan yang bergerak dibidang *oil service company* untuk menangani permasalahan pada *pipe recovery* salah satunya PT. Precision Energy services Indonesia (Weatherford). *Pipe Recovery* merupakan tahapan untuk mengatasi permasalahan pada pipa yang mengalami *stuck*.

Adapun tahapan yang ada pada *pipe recovery* yaitu :

1. Menganalisa pada kondisi sumur
2. Menentukan free point atau titik jepit
3. Menentukan metoda *cutters* yang akan digunakan
4. Menganalisis performa sumur setelah dilakukan *pipe recovery* menggunakan metoda cutter

Sumur di Saudi Arabia sudah 4 kali mengalami *stuck pipe recovery* dan berhasil mengangkat atau mengambil peralatan dibawah sumur (Mohanna et al., 2012). *Pipe recovery* sangat penting dalam program intervensi *modern*. Tubing dapat mengalami *stuck* pada sumur karena banyak alasan, sehingga mengharuskan operator untuk menentukan titik potong. Untuk memilih *metoda cutters* operator perlu mengetahui *effectifitas* dari *cutters-cutters* yang akan dipilih (Campbell et al., 2009). Menurut

(Amanullah & Al-Arfaj, 2016) untuk mengurangi resiko *pipe sticking* dengan cara mendesain baru sistem pada lumpur. *Coiled Tubing* berkembang dan dijadikan beberapa pilihan untuk menghindari resiko terjadinya *sticking* karna *tubing* dapat digulung pada umumnya dipakai untuk sumur horizontal (Joppe, Nelson, Kelman, & Incorporated, 2017). Sepanjang 2002 hingga 2006 di tiga lapangan Gulf Mexico sepanjang operasi *workover* sebanyak 72 pemotongan *tubing* produksi.

Analisis pada konfigurasi sumur dan kondisi sumur dilakukan sebagai upaya dalam pemilihan metoda *cutters* yang cocok pada sumur *sticking*. Konfigurasi sumur merupakan bentuk dari sumur tersebut antara lain sumur vertical, sumur horizontal, sumur screen liner, sumur *full casing* dan cemented.

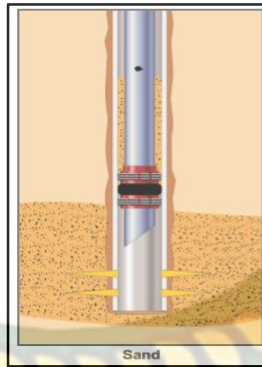
Tabel 2. 1 Kondisi Sumur Sticking

Kondisi Sumur <i>Sticking</i>
Mechanical <i>stuck</i>
Completion string terendam pasir
Pompa <i>stuck</i>
Packer tersangkut
Kondisi casing collapse

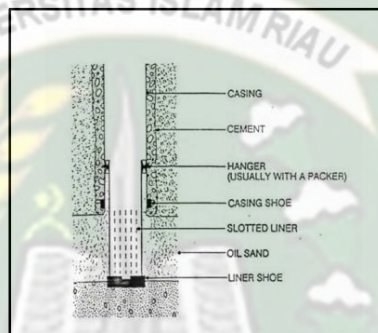
Sumber: (Ramanda, Satiyawira, & Sundja, 2015)

2.4 STICKING

Pipe sticking sering terjadi pada sumur yang sedang dibor maupun perawatan, dalam menentukan permasalahan *sticking* butuh keahlian seorang operator dibidang *wireline*. Pada umumnya *pipe sticking* disebabkan oleh kondisi *mechanical completion stuck*, *completion* terendam pasir pada formasi yang menghasilkan pasir, pompa mengalami *stuck*, packer tersangkut dan tidak bisa *release*, *tubing screen liner*, kondisi casing *collapse* (Alimonti, 2005)



Gambar 2. 1 Penyebab terjadinya *sticking* (weatherford, 2009)

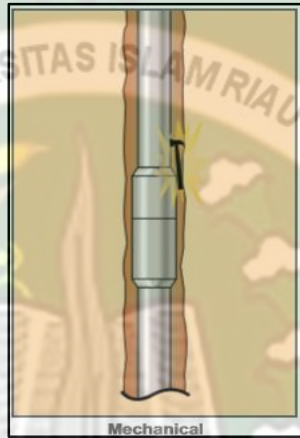


Gambar 2. 2 *Screen liner completion* (Amin, 2013)

Kepasiran (*sand sticking*) terjadi pada tubing di sumur *cased hole*, kebocoran packer atau lubang dalam tubing dapat memungkinkan pasir masuk ke dalam annulus sehingga pasir dapat terakumulasi pada level rangkaian yang tidak dapat ditarik. *Mechanical sticking* terjadi pada sumur *cased hole*, tetapi kemungkinan terjadi pada lingkungan sumur *open hole*, type dari *mechanical sticking* merupakan *collapse casing*, pipa bengkok, packer stuck, dan benda terjatuh kedalam sumur. *Differential sticking* ini sering terjadi pada sumur *open hole*, tekanan hidrostatik lebih besar dibandingkan tekanan formasi sehingga lumpur membentuk *mud cake* dan membuat pipa menjadi *sticking* (Javeri, Haindade, & Jere, 2011).

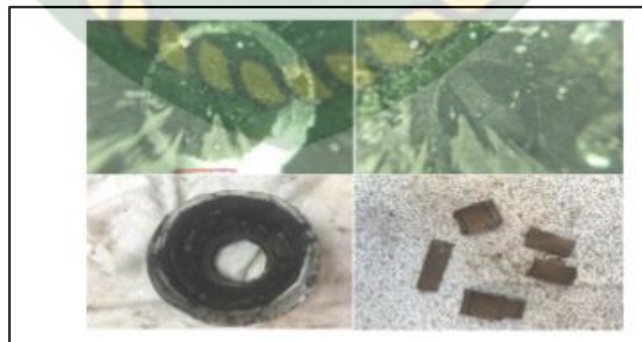
Menurut (Hess, 2016) pada lapangan (GOM) Gulf of Mexico ada beberapa variable yang terukur yang menyebabkan *sticking* pada tubing yaitu karakteristik sumur bor, karakteristik BHA, suhu dan tekanan *downhole*, sifat lumpur dan juga praktek pengeboran.

Sticking mempunyai dampak yang signifikan terhadap kinerja pemboran 25 % dari Non Productive Time (NPT) dengan biaya yang tinggi, pada tahun 1980 diperkirakan biaya yang dikeluarkan untuk *sticking* \$250 per tahun (Hess, 2016). Kegiatan *fishing* dikenal sebagai usaha pengangkatan peralatan, yang menyebabkan *stuck* pada sumur *workover*. Teknologi yang digunakan bervariasi salah satunya menggunakan Coiled Tubing (CT) camera downhole yang bertujuan untuk mengetahui keadaan sumur (Al-Hajri, Al-Quwaisim, & Al-Zahrani, 2017).



Gambar 2. 3 Penyebab terjadinya *sticking* (weatherford, 2009)

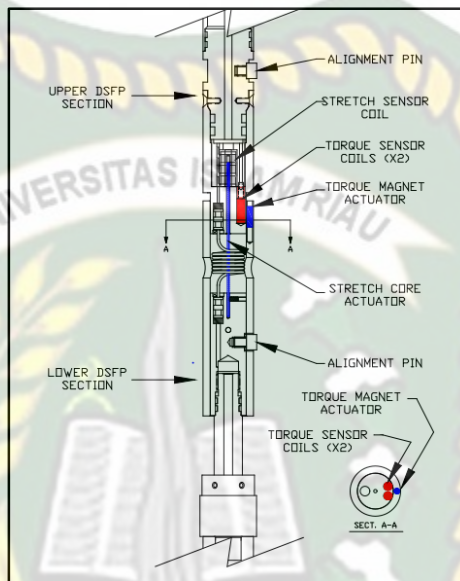
Sebelum menggunakan CT camera diperlukan pembersihan menggunakan air agar tidak menghalangi tampilan camera sehingga dibutuhkan tangki air sebagai penunjang penggunaan CT camera tersebut. Coiled Tubing (CT) membantu sebagai *real time* data dari bawah menuju permukaan.



Gambar 2. 4 CT camera downhole (Al-Hajri et al., 2017)

2.5 FREE POINT TOOL

Pengukuran regangan umumnya sebagai alat dari *free point*, mengukur regangan (*stretch*) atau torsi diantara *top anchor* dan *bottom anchor*. Alat *free point* dapat menentukan apakah pipa mengalami stuck atau tidak pada titik tertentu dengan mendengarkan bunyi yang pada alat *free point* tersebut.



Gambar 2. 5 Dual Sensor Free Point Tool (Ode & Aplication, 2011)

Prinsip kerja dari DSFP ini dengan membaca *stretch* dari hasil penarikan tubing yang dilakukan, alat DSFP ini akan secara langsung mengalami *stretch* dan nilai nya akan terbaca di indikator.

2.5.1 Estimasi Free Point

Estimasi *free point* menerapkan *overpull* pada pipa dan menghitung *stretch* pada pipa. Estimasi dilakukan untuk mengetahui total beban yang bisa ditahan oleh Rig sehingga tidak terjadi penarikan beban berlebihan yang menyebabkan rangkaian *completion* putus .

$$\text{Boyancy factor} = 1 \left(\text{Mud Weight in } \frac{\text{lb}}{\text{gal}} : 65.63 \right) \quad (1)$$

$$\text{Overpull} = 2208.5 \times \text{Pipe weight /ft} \quad (2)$$

Dilakukan perhitungan pada pipa dengan mempertimbangkan gaya apung pada pipa karena pipa akan bersentuhan selalu dengan fluida didalam sumur (Lissa Sugiri, 2017). Faktor Boyancy dan *Overpull* digunakan dalam mengestimasi *free point* sebagai perhitungan *pipe recovery*.

Tabel 2. 2 Bouyancy Factor

Fluid Weight (lb/gal)	Bouyancy Factor
8.4	0.872
8.6	0.869
8.8	0.866
9.0	0.862
9.2	0.859
9.4	0.856
9.6	0.853
9.8	0.850
10.0	0.847
10.2	0.844
10.4	0.841
10.6	0.838
10.8	0.835
11.0	0.832
11.2	0.829
11.4	0.826
11.6	0.823
11.8	0.820
12.0	0.817
12.2	0.814
12.4	0.811
12.6	0.807

Tabel Lanjutan Bouyancy Factor

12.8	0.804
13.0	0.801
13.2	0.798
13.4	0.795
13.6	0.792
13.8	0.789
14.0	0.786
14.5	0.778
15.0	0.771
15.5	0.763
16.0	0.756
16.5	0.748
17.0	0.740
17.5	0.733
18.0	0.725
18.5	0.717
19.0	0.710
19.5	0.702
20.0	0.695

Sumber: (weatherford, 2009)

2.5.2 Stretch Method

Metoda ini hanya memberikan perkiraan nilai untuk *free point* dan digunakan untuk memperkirakan *stuck point* (Newman, 1999).

$$L = \frac{73294 \times W \times \Delta L}{\Delta F} \quad (3)$$

Keterangan :

L = Length of Free Point (ft)

ΔL = Length of Stretch (in)

ΔF = Penambahan beban (lbs)

W = Berat Pipa ($\frac{\text{lb}}{\text{ft}}$)

2.5.5 Perhitungan Wall Thickness pada Tubing dalam Pemilihan Metoda Cutters

$$\text{Wall thickness} : \frac{\text{OD tubing} - \text{ID tubing}}{2} \quad (4)$$

Sumber : (ENGINEERING TABLES)

Keterangan :

Wall thikness : ketebalan pipa (in)

OD : Diameter tubing (in)

ID : Inside tubing (In)

2.5.6 Perhitungan Beban Torque Connection

$$T : \frac{\text{CC OD} \times \text{weight tubing} \times \text{tubing lenght}}{24} \quad (5)$$

Keterangan :

T : Torsi (ft/lb)

CC OD : Casing Collar OD (in)

Weight Tubing : (lb/ft)

Tubing length : (ft)

Beban torsi adalah beban yang diakibatkan karena adanya beban putaran pada rangkaian *tubing* pada saat pelepasan atau penyambungan rangkaian (Putra, 2018). Ada tiga kondisi saat melakukan pemotongan pada tubing yaitu :

1. Normal

Kondisi *tension* tubing yang terbaca oleh *weight indicator* sama dengan total *tension* keseluruhan . Contohnya *packer* tersangkut sehingga tubing tidak bisa *running in* atau *pull out*.

2. *Stretch*

Kondisi *tension* tubing yang terbaca oleh *weight indicator* lebih besar dari total *tension* keseluruhan . Contohnya *completion* terendam pasir

3. *Compression*

Pemotongan tubing dalam keadaan tubing *head* atau *x-mas tree* masih terpasang.

Tabel 2. 3 Diameter and weight Tubing

Pipe OD (in)	Pipe Weight (lb/ft)	3 1/2-in stretch Tension
Tubing		
1	1.80	4000
	2.25	5000
1.1/4	2.40	5500
1.1/2	2.90	6500
2. 1/16	3.40	7500
2.3/8	4.70	10000
	5.30	12000
	5.95	13000
2.7/8	6.50	14000
	7.90	17000
	8.70	19000
3.1/2	9.30	20000
	10.30	23000
	12.95	28000
4	11.00	24000
	13.40	29000
4.1/5	12.75	28000
	15.50	34000
	19.20	42000

Sumber: (weatherford, 2009)

2.5.7 Free-Point Indicator Tool (FPIT)

Alat free point dipasang dengan Collar locator log untuk melihat sambungan-sambungan pipa. Sehingga dapat memperkirakan di sambungan pipa mana terjadinya *sticking*. Alat freepoint dijalankan bersamaan dengan sonic log, prinsip kerja dari sonic log adalah merekam suara yang dipancarkan oleh transmitter kemudian diterima oleh receiver sebagai data log untuk dianalisis titik jepit pada sumur *sticking*. Waktu yang dibutuhkan untuk menentukan *free point* dari mulai Rig up hingga Back off sekitar 2 jam. Dari hasil pembacaan free point dan di dikombinasikan dengan log CCL bisa mendapatkan titik dimana pipa tersebut mengalami stuck. CCL digunakan untuk memposisikan pemotongan secara akurat pada kedalaman pemotongan yang tepat (De Paula Carvalho et al., 2017)

2.5.8 Menghitung Laju Alir pada Tubing

Inflow Performance Relationship (IPR) Ini adalah hubungan antara laju aliran (q) dan tekanan alir dasar sumur (P_{wf}). Hubungan ini linier untuk memproduksi reservoir pada tekanan di atas tekanan titik gelembung (ketika P_{wf} lebih besar dari atau sama dengan tekanan titik gelembung). IPR didefinisikan dalam rentang tekanan antara tekanan reservoir rata-rata dan tekanan atmosfer. Laju aliran yang sesuai dengan tekanan aliran dasar atmosfer didefinisikan sebagai *absolute open flow potential* (AOFP) dari sumur, sedangkan laju alir selalu nol ketika tekanan dasar sumur adalah tekanan reservoir rata-rata, yang menunjukkan dalam kondisi shut-in.

Metoda Fetkovich digunakan untuk menghitung laju alir pada sumur yang memiliki tekanan reservoir dan tekanan dasar sumur lebih kecil dari pada tekanan bubble point, dan tidak dipengaruhi skin. (Chen, Shengnan, 2017).

Menghitung PI/J :

$$J = \left(\frac{k.h}{141.22 (\mu_o B_o) \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - 0.75.s \right]} \right) \quad (6)$$

Menghitung Q_o :

$$q_o = \left(\frac{k.h}{141.22 (\mu_o B_o) \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - 0.75.s \right]} \right) \left(\frac{1}{2P_b} \right) (Pr^2 - P_{wf}^2) = \frac{J}{2P_b} (Pr^2 - P_{wf}^2) \quad (7)$$

Menghitung q optimum :

$$Q_{optimum} = Q_{maks} \times 80\% \quad (8)$$

2.5.9 Decline Curve Analisis

Decline curve analysis (DCA) adalah latihan dalam melihat, memahami dan memprediksi reservoir dan dinamika operasional. Seorang praktisi harus mahir membuat grafik dari mana ia dapat mengidentifikasi dinamika reservoir, mengenali tren produksi setepat mungkin dan ini mengantisipasi kemungkinan penurunan produksi di masa depan (Purvis, 2016).

Ada tiga tipe *decline curve*, yaitu: *exponential*, *hyperbolic* dan *harmonic* (Gentry, 1972). *Exponential type curve* adalah jenis *decline curve* yang memiliki nilai *exponent decline* (b) sama dengan 0, *hyperbolic type curve* adalah jenis *decline curve* yang memiliki nilai b lebih dari 0 dan kurang dari 1 dan *harmonic type curve* adalah jenis *decline curve* yang memiliki nilai b sama dengan 1 (Ahmed, 2010)

Tujuan utama dilakukannya DCA adalah untuk mengetahui perbandingan laju alir setelah dilakukan *pipe recovery* berikut adalah tahapan melakukan DCA yang peneliti kutip dari jurnal yang diteliti oleh Meriandriani (2015) dan Ugoni (1995) .

a. Penentuan Tipe Kurva

Salah satu cara untuk menentukan kurva *decline* adalah dengan metode *trial error and X^2 chisquare test*, metode ini mengasumsikan nilai *eksponen decline* (b) mulai dari 0 sampai 1. Nilai b ini lah yang menentukan tipe kurva penurunannya. Metode ini prinsipnya adalah mencari nilai *error* terkecil dari nilai kumulatif X^2 . Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Membuat tabulasi yang meliputi: waktu (t), q_{actual} , kemudian q_{forecast} serta D_i dengan berbagai harga b , dan terakhir adalah nilai X^2 .
2. Asumsikan harga b mulai 0 sampai 1 ($b=0$ untuk *exponential*, $b= 0.1-0.9$ untuk *hyperbolic*, $b=1$ untuk *harmonic*).
3. Menghitung D_i dengan persamaan:

- Untuk $b=0$, $D_i = \frac{\ln(\frac{q_i}{q_t})}{t_t}$ (8)

- Untuk $b=0.1-0.9$, $Di = \frac{\left(\frac{qi}{qt}\right)^b - 1}{b \cdot t}$ (9)

- Untuk $b=1$, $Di = \frac{\left(\frac{qi}{qt}\right) - 1}{t}$ (10)

4. Menghitung $q_{forecast}$ yaitu dengan persamaan:

- Pada $b=0$, $q_{forecast} = qi e^{-Di \cdot t}$ (11)

- Pada $b=0.1-0.9$, $q_{forecast} = qi(1 + bDi \cdot t)^{-\frac{1}{b}}$ (12)

- Pada $b=1$, $q_{forecast} = qi(1 + Di \cdot t)^{-1}$ (13)

5. Menghitung X^2 dengan menggunakan rumus *chi square* untuk semua nilai b , seperti persamaan dibawah ini:

- $X^2 = \left| \frac{(fi - Fi)^2}{Fi} \right|$ (14)

Keterangan: fi = Data laju produksi observasi (actual)

Fi = Data laju produksi *forecast*

6. Mengulangi prosedur perhitungan pada Langkah 3 sampai langkah 5 untuk masing-masing nilai b .

7. Menentukan nilai kumulatif X^2 yang paling kecil. Nilai kumulatif X^2 yang paling kecil menunjukkan kurva yang paling baik untuk sumur ini.

b. Hasil *Decline Curve Analysis*

Setelah menemukan tipe kurva yang baik, langkah selanjutnya adalah melakukan *forecasting* dengan menggunakan metode *decline curve analysis*, berikut adalah tahapan dalam melakukan *decline curve analysis*:

1. Membuat plot q_{actual} vs t pada grafik semi-log.
2. Tambahkan *power trendline* pada grafik tersebut.
3. Dari grafik tersebut, dapat diartikan bila q atau laju alir minyak setelah dilakukan *pipe recovery* berada di atas *treandline* itu berarti dapat dikatakan berhasil.

4. Untuk melihat perolehan minyak yang didapatkan dari stimulasi, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\bullet \text{ perolehan minyak} = q_{\text{actual}} - q_{\text{forecast}} \quad (15)$$

5. Karena jenis kurva penurunan yang dipakai adalah kurva penurunan *hyperbolic* rumus untuk mencari q_{forecast} adalah sebagai berikut:

$$\bullet q_{\text{forecast}} = qi(1 + bDi.t)^{-\frac{1}{b}} \quad (16)$$

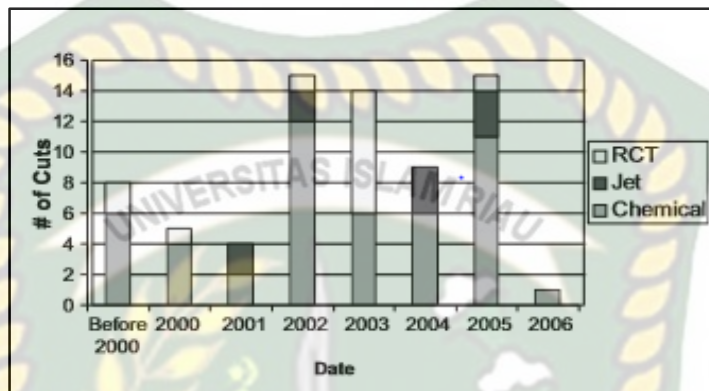
2.6 METODA CUTTERS

Menurut informasi dari PT. Precision Energy Service Indonesia (Weatherford) ada 4 jenis metoda *cutters* yang digunakan untuk menangani sumur yang *stuck* yaitu:

1. Mechanical *Cutters*
2. Chemical *Cutters*
3. Explosive jet *cutters*
4. Radial Cutting Torch

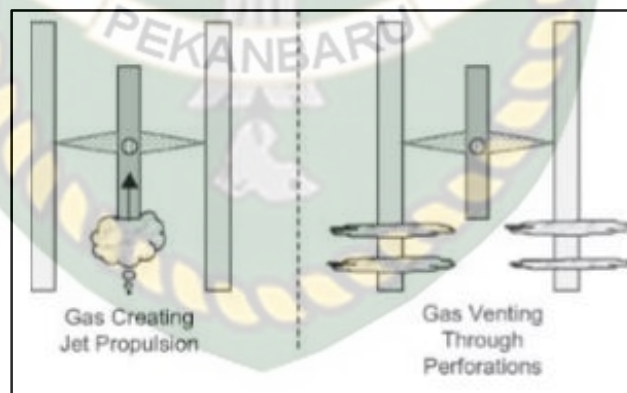
Di tiga lapangan Gulf Mexico dari tahun 2000 hingga 2006 sudah melakukan sebanyak 72 pemotongan menggunakan chemical, jet *cutters*, RCT. Masih terdapat kegagalan pemotongan pada metoda chemical dikarenakan *cutters head* menjadi *plugged* (tersumbat) dengan paraffin. (Arild, Lohne, Nielsen, Moeinikia, & Selvik, 2018). Kegagalan pada metoda RCT di lapangan Gulf karna pemotongan dekat dengan zona perforasi sehingga gas yang ada mampu mendorong *cutters* keatas .dan pemotongan menjadi tidak tepat sasaran (Jurgens, 2009). Menurut (Hazmat, 2016) untuk melakukan pemotongan tubing dan mendapatkan performa pemotongan yang baik dinilai dari kondisi sumur, kedalaman, dan jenis tubing sehingga perlu didapatkan indicator tekanan hidrostatik dan juga *wall thicknes* untuk mendapatkan net explosive sebagai parameter pemilihan *cutters*.

Salah satu sumur di North Sea yang dibor sejak tahun 2004 dan selesai di tahun 2005, mengalami beberapa masalah disebabkan karena kerusakan formasi pada tahun 2009 dan membutuhkan metoda *cutters* pada tubing. Operation berhasil memotong tubing tersebut selama 45 menit dan menyelesaikan semua pekerjaan selama 12 jam. (Krüger, Faraoun, & Eikeland, 2014).

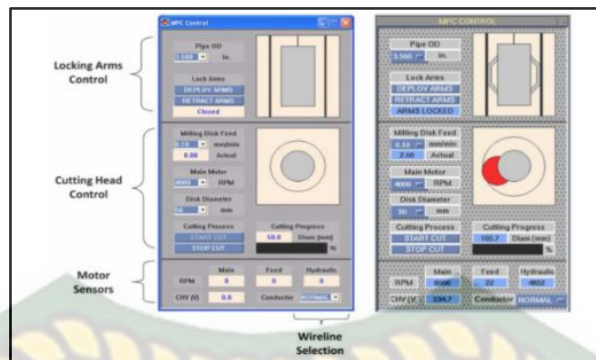


Gambar 2. 6 Pemotongan Metoda *Cutters* di Gulf Mexico (Jurgens, 2009)

Menurut (De Paula Carvalho et al., 2017) menggunakan E-line pada metoda *cutters* Electromechanical Pipe *Cutters* (EPC) mampu mempersingkat waktu. EPC mempunyai control window yang terhubung melalui kabel.

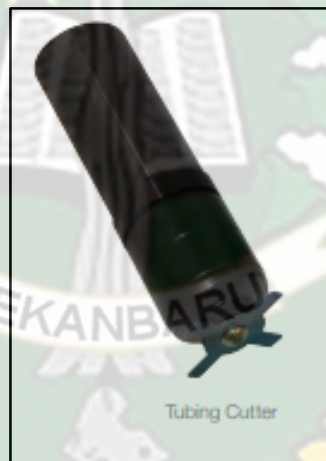


Gambar 2. 7 *Cutters* RCT dekat dengan zona perforasi (Jurgens, 2009)



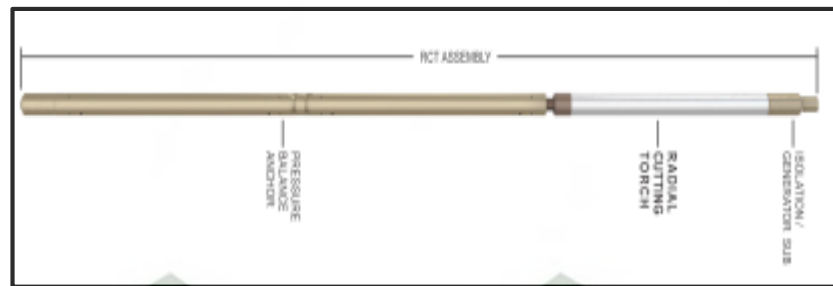
Gambar 2. 8 Control Window EPC (De Paula Carvalho et al., 2017)

Tahun 2012 di Rusia selama pekerjaan *workover*, membutuhkan pekerjaan pemotongan tubing completion dengan tidak menggunakan chemical, ataupun bahan peledak. Bahan peledak tidak memberikan hasil yang bagus pada pemotongan tubing (Sidle, Crist, Kirsanov, Albright, & Ray, 2013).



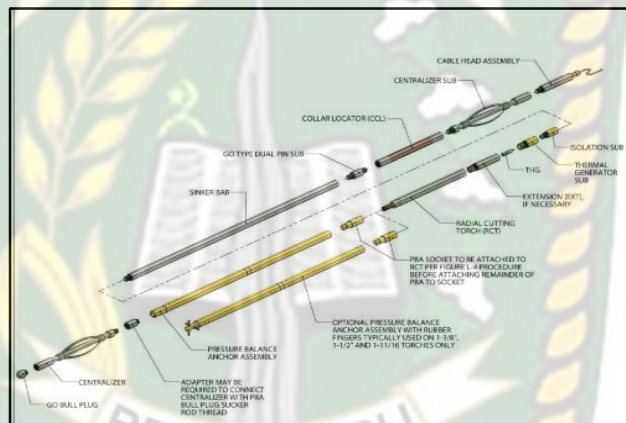
Gambar 2. 9 Jetcutters Tubing Completion (Plate, 2016)

Explosive Jetcutters merupakan metoda *cutters* yang digunakan dengan memberikan pemicu ledakan sehingga mampu memotong pipa yang *stuck*. Sedangkan *Radial Cutting Torch* (RCT) merupakan metoda *cutters* yang mengandung bahan *flammable solid*.



Gambar 2. 10 Radial Cutting Torch (Technology, Technology, & Tools, n.d.)

Radial Cutting Torch merupakan metoda *cutters* yang dibagian dalam nya memiliki bahan *Flammable Solid* untuk memotong tubing menggunakan pembakaran. RCT membutuhkan *power* melalui *extension* untuk pipa berukuran besar.



Gambar 2. 11 Rangkaian RCT (Training, 2010)

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan data-data pada penelitian ini digunakan metodologi penelitian agar data yang diperlukan disusun secara sistematis dan jelas, penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk dijadikan analisis sebagai metodologi penelitian. Adapun metoda-metoda yang digunakan sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Studi Literatur merupakan pencarian referensi yang berhubungan dengan topik pada penelitian ini. Pengumpulan referensi dilakukan berdasarkan jurnal, buku, *e book*, *hand book* maupun data perusahaan yang pernah melakukan kegiatan pada penelitian ini.

b. Data Collection

Teknik pengumpulan data ini digunakan untuk mengetahui keadaan sumur melalui data yang dimiliki oleh perusahaan pada saat observasi dan interview.

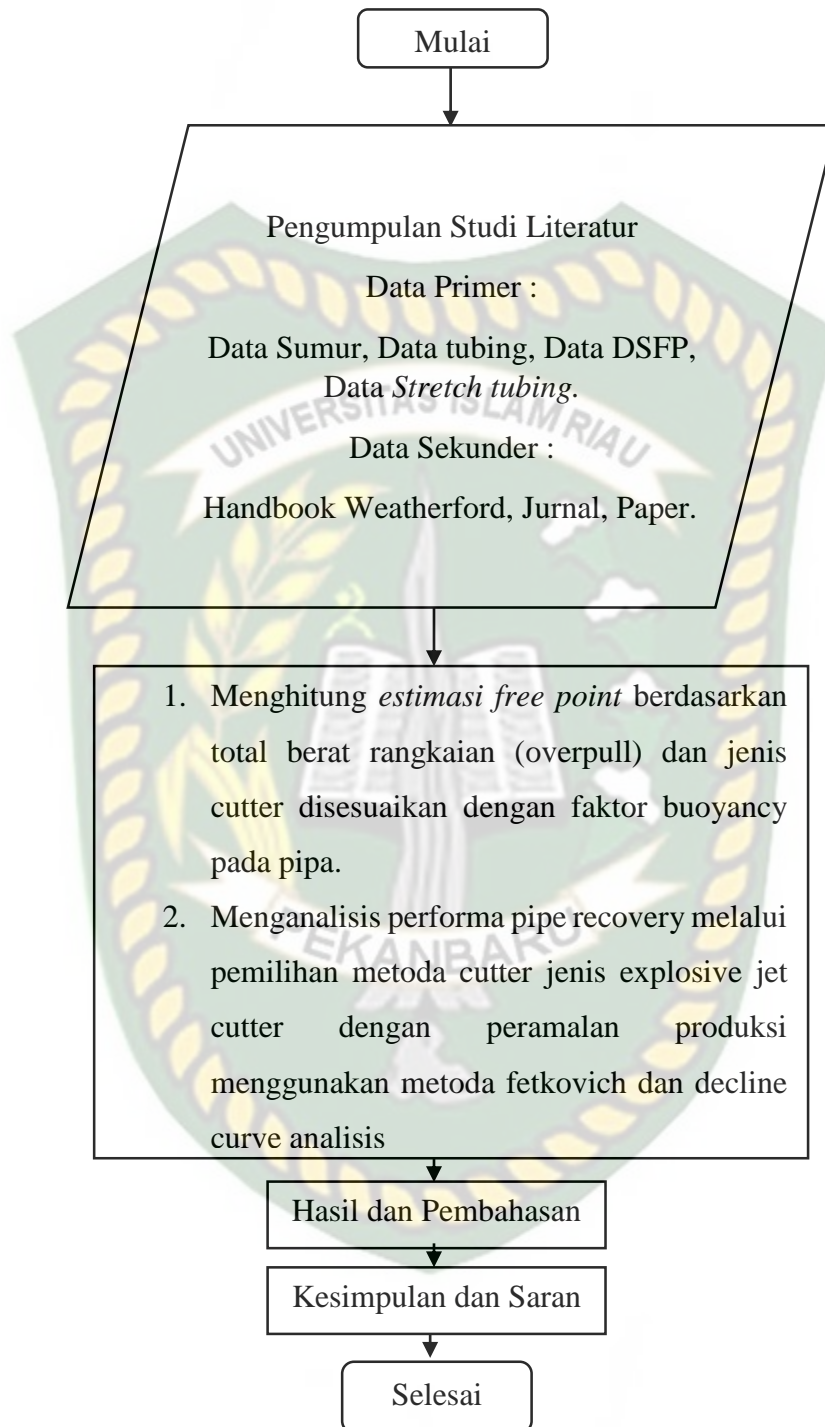
c. Data Analisis

Analisis data untuk memperoleh grafik dan tabel sebagai data visualisasi sehingga mempermudah peneliti untuk menjelaskan hasil dan pembahasan yang sudah dianalisis seperti permasalahan sumur, metoda *cutters* yang dipakai dalam penelitian ini, dan juga *cost* yang dikeluarkan dari topik yang diteliti.

d. Sejarah Sumur

Sumur yang akan menjadi obyek penelitian merupakan sumur yang masih memproduksi dan mengalami permasalahan sehingga produksi menurun. Kemudian dilakukan pekerjaan *workover* untuk mengatasi permasalahan pada sumur. Pemilihan kerja ulang sumur memiliki resiko terjadinya *sticking*. Pada sumur yang terjadi *sticking* dilakukan pemilihan metoda *cutters* untuk merecovery sumur.

3.3 FLOW CHART

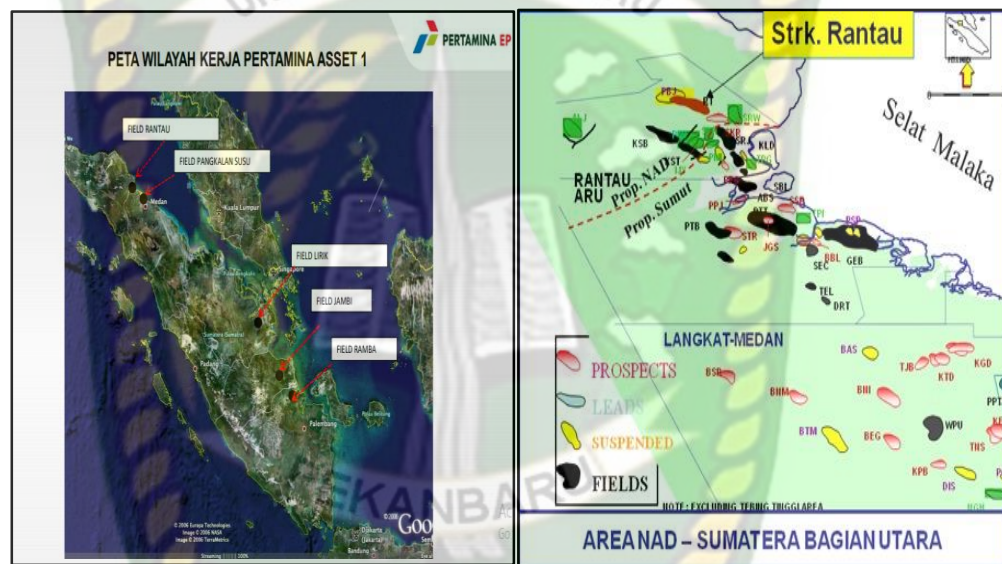


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4 JENIS PENELITIAN

3.4.1 Studi Lapangan

Sumur x ini berada di Rantau milik PT PERTAMINA EP ASSET 1 yang mengalami *sticking* kemudian dilakukan *pipe recovery* kerja sama dengan PT. Precision Energy Service Indonesia (Weatherford) sebagai penyedia alat *cutters*. Pada penelitian dilakukan pengambilan data di *service oil company* yaitu PT Weatherford Duri. Pengambilan data ini agar mengetahui gambaran sumur yang sedang mengalami permasalahan sesuai dengan tema yang dibahas oleh penulis. Lokasi sumur terletak di struktur Kuala Simpang Rantau Aceh Tamiang dan Pangkalan Susu.



Gambar 3. 2 Wilayah Kerja Pertamina Asset 1(Pertamina Asset 1, 2018)

3.4.2 Data Analysis Permasalahan Sumur

Penelitian ini melakukan analisis permasalahan yang menyebabkan sumur tersebut mengalami *sticking* melalui data record Logging DSFP (*Dual Sensor Free Point Tool*) untuk menentukan titik yang mengalami *stuck*. Menganalisa sumur melalui peramalan kurva IPR untuk menentukan keekonomisan dari penggunaan metoda *cutters* pada sumur yang mengalami *sticking*. Sumur yang dijadikan penelitian ini terletak di Rantau Field Aceh Tamiang.

Sumur tersebut merupakan sumur yang sedang dilakukan reparasi untuk meningkatkan target produksi minyak yang akan didapatkan. Sumur yang mengalami *sticking* merupakan kondisi sumur dalam proses melakukan program perbaikan dengan melakukan program perforasi yaitu sumur X.

2.4.3 Metoda Fetkovich

Metoda Fetkovich digunakan untuk menghitung laju alir dengan kondisi sumur dua fasa dan juga tekanan reservoir dan tekanan dasar sumur lebih kecil dari tekanan bubble point ($P_r < P_b$) (Chen, Shengnan, 2017).

$$q_o = \left(\frac{kh}{141.22(\mu_o B_o) \left[\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - 0.75 + s \right]} \right) \left(\frac{1}{2P_b} \right) (Pr^2 - P_w f^2) = \frac{J}{2P_b} (Pr^2 - P_w f^2)$$

3.4.5 Interview (Wawancara)

Melakukan dialog dengan *engineer* untuk menggali informasi dalam melakukan *operation pipe recovery* sehingga menambah wawasan untuk mengembangkan penulisan pada penelitian ini.

3.5 TAHAP PENGUMPULAN DATA

3.5.1 Data Rumus untuk menentukan *stretch* pipa

Tabel 3. 1 Data *stretch* pipe

Parameter	Satuan
Berat Pipa	4,7 Lb/ft
Penambahan beban	10379,95 Lb
Penambahan regangan	9,4 in
Berat String Sticking	26695 lbs

Sumber : PT PESI

3.5.2 Data untuk metoda *jet cutters*

Tabel 3. 2 Pemilihan *Jetcutters*

Parameter	Satuan
Ukuran Tubing	2,375 In
Tubing Weight	4,7 Lb/ft
Wall thickness	In
Net Explosive	Gr

Sumber: PT PERTAMINA ASSET 1 RANTAU

3.5.3 Data Peralatan Metoda *Cutters*

Alat yang digunakan untuk mengidentifikasi titik *free point* dan membaca hasil yang di record oleh alat tersebut. Data peralatan dan harga peralatan digunakan sebagai penunjang analisa *pipe recovery* untuk mengetahui kondisi sumur seperti apa menggunakan metoda *cutters* tersebut.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tubing

Data	Nilai	Satuan
Tubing ID	2,041	in
Tubing OD	2,375	in
Coupling Collar OD	3,063	In
Weight tubing	4,7	Lb/ft
Tubing Length	31	Ft
Body Yield Strenght	93513	lb

Sumber: PT PERTAMINA ASSET 1 RANTAU

3.5.4 Data Sumur

Data sumur digunakan untuk mengetahui profile sumur dan ukuran diameter tubing. Peneliti membutuhkan data sumur yang mendukung dan memiliki permasalahan *sticking* untuk dianalisa keefektifan pada metoda *cutters* yang akan dipilih dengan kondisi permasalahan sumur tersebut.

Data masing-masing sumur digunakan untuk menghitung laju alir dan juga peramalan decline curve agar didapatkan keekonomian yang efektif dari pekerjaan *pipe recovery*.

Tabel 3. 4 Data Sumur X

Data Sumur	Satuan
Qo	Bbl/day
Ps	2088,88Psi
Pwf	2200 Psi
Pb	1970 Psi
D	3421 Ft

Sumber: PT PERTAMINA ASSET 1 RANTAU

3.6 WAKTU PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

Waktu Penelitian dimulai pada bulan 01 Juli 2020 sampai dengan 30 Agustus 2020. Dapat dilihat pada *gen chart* dibawah ini.

Tabel 3. 5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

NO	Deskripsi Kegiatan	Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur								
2	Pengumpulan Data Sumur dan Perhitungan produksi sumur terhadap waktu selama 5 tahun								
3	Pengolahan Data Free Point								
4	Perhitungan Efektifitas Metoda <i>Cutters</i>								
5	Perhitungan Laju Alir ,decline curve								
6.	Analisis Pipe Recovery Melalui Perolehan Minyak disumur x								

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 ANALISIS SUMUR

Tabel 4. 1 Jenis Sumur

DATA		SUMUR X
Bentuk Sumur		Vertikal/Tegak
Kedalaman TOC (D)		1043 m / 3421 ft
Kedalaman string		872 m / 2860 ft
Interval Perfoasi		910 m- 912m
Rangkaian Sumur		Terdapat packer 9.625"
Properties	Nilai	Satuan
API Gravity	49,8	API
Rw	0,23	ft
H	13,12	ft
T	161	°F
Pr	2088,8	Psi
Pb	2200	Psi
Pwf	1917	Psi
GOR	500	scf/stb
Compresibility	3,00E-06	psi-1
Porosity	0,24	

Sumber : PT PERTAMINA ASSET 1 RANTAU



Gambar 4. 1 Well Schematic dan Well diagram

Sumur x ini mengalami permasalahan *sticking* ketika tubing dikeluarkan dari sumur. Dari analisis melalui weight indicator menunjukkan berat string melebihi dari berat normal ketika dilakukan pencabutan tubing sehingga terjadi indikasi penyebab *sticking* dan perlu ditangani dengan mengetahui titik jepit untuk dilakukan pemotongan melalui metoda *cutters*.

Sumur vertikal atau sumur tegak merupakan sumur yang dibor secara geometri dengan bentuk yang lurus sedangkan sumur directional merupakan sumur yang secara geometri tidak memiliki bentuk yang lurus (Nathan & Scobell, 2012).

Tabel 4. 2 Data Tubing Sumur x

Data	Nilai	Satuan
Tubing	2 3/8	in
Weight tubing	4,7	lb/ft
Body Yield Strength	93513	lb

Sumber : PT PERTAMINA EP

Menurut (Yopy Agung Prabowo, 2015) Indikasi awal untuk menentukan penyebab dari *stuck* nya tubing yaitu mengetahui rangkaian yang ada pada sumur. Jika tubing tidak terindikasi *sticking* maka pertama kali rig mencabut tubing weight indicator yang terbaca akan sama dengan normal tension weight, dan tubing bisa bergerak terangkat dengan bebas, apabila tubing terindikasi *sticking* maka ketika pertama kali rig mencabut tubing maka weight indicator menunjukkan kenaikan berat sehingga semakin diangkat angkanya akan semakin naik yang menyebabkan tubing tidak bisa bergerak terangkat dengan bebas atau *stuck*.

Tabel 4. 3 Data Sumur Indikasi *Sticking*

Nilai <i>Overpull</i> (Indikasi <i>Sticking</i>)	Keterangan
Normal Prosedur	Tidak Tercabut
18000 lbs	Tidak Tercabut
20000 lbs	Tidak Tercabut
22000 lbs	Tidak Tercabut
24000 lbs	Tidak Tercabut

Menurut (Ramanda et al., 2015) penyebab terjadinya *sticking* bisa terjadi karena banyak factor didalam sumur tersebut salah satu nya packer yang tidak bisa *release*. Tubing yang mengalami *sticking* memiliki batas *overpull* yang dilakukan terlihat dari nilai *yield body string* pada tubing, Menurut (Alexander, 2010) jika *overpull* dilakukan melebihi 50% maksimum tubing maka akan menyebabkan tubing terputus pada bagian *body* tubing.

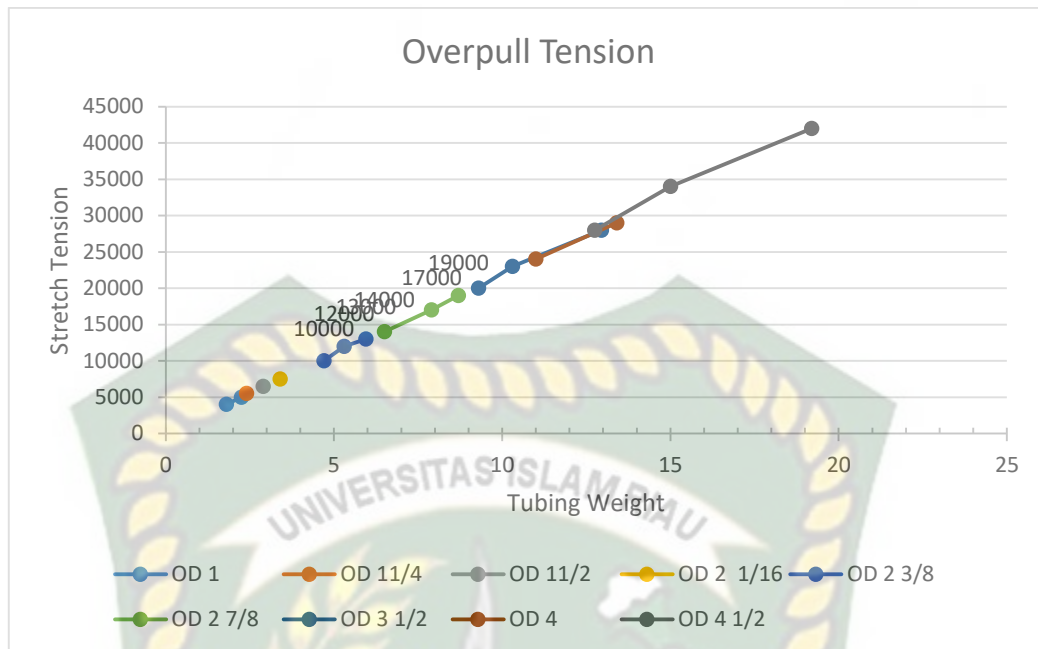
4.2 ANALISIS PERHITUNGAN ESTIMASI FREE POINT

Menghitung *Free Point* sebagai analisis dalam melakukan pemotongan tubing agar titik potong tepat sasaran dan proses pengangkatan tubing menjadi mudah. Melakukan perhitungan *free point* diperlukan data tubing dan kedalaman sumur. Proses *Estimasi free point* juga dilakukan dengan alat DSFP (*Dual Sensor Free Point Tool*).

Tabel 4. 4 Data Sumur X

DATA	SUMUR X
Kedalaman	2860 ft
Tubing	2 3/8"
Weight Tubing	4,7 lb/ft
Completion Fluid (CF)	1.02 gr/cc
Weight Block	5000 lbs
Berat String Sticking	26695 lbs

Dari hasil perhitungan sumur x dalam mengestimasi *free point* dapat mengetahui normal *weight* dari tubing sebelum terjadi *sticking*, yaitu berat dengan dipengaruhi factor buoyancy sebesar 11695 lb ditambah dengan berat block 5000 lb maka nilai normal tension pada tubing yang terbaca adalah 16695 lb.



Gambar 4.2 *Overpull* Tension

Sticking dapat dinyatakan ketika normal tension yang terbaca di indikator weight bertambah. Sehingga perlu dilakukan penambahan beban yang disebut *overpull*. Setelah melakukan perhitungan beban diperoleh bahwa nilai *overpull* sebesar 10379,95 lb untuk sumur x dengan parameter ukuran tubing 2 3/8. Menurut (Newman, 1999) tubing akan mengalami *stretch* sebesar 3.5" per 100ft. Berat pada setiap sumur dipengaruhi oleh berat tubing dan kedalaman sumur tersebut tetapi ada factor fluida yang mempengaruhi pembacaan berat saat melakukan perhitungan estimasi *free point* yaitu faktor buoyancy. Buoyancy ini dipengaruhi oleh berat lumpur, semakin berat lumpur yang digunakan maka nilai buoyancy akan semakin kecil sehingga pengaruh pada string akan semakin ringan dan sebaliknya jika berat lumpur semakin ringan maka buoyancy akan semakin besar dan pengaruh pada string akan semakin berat (Ramanda et al., 2015).

Tabel 4. 5 Data Stretch Tubing

Data	Nilai	Satuan
<i>Stretch</i>	9,4	In

Nilai *Stretch* didapatkan ketika tubing dalam keadaan normal tension diberikan tanda titik A kemudian diberikan *overpull* sebesar 10379,95 lb dan tubing mengalami *Stretch* sehingga titik A pada tubing naik keatas dan diberikan tanda titik B pada tubing dilantai rig dalam kondisi diberikan *overpull*, sehingga jarak antara titik A dan titik B merupakan *stretch* pada tubing disumur x.

Tabel 4. 6 Estimasi Free Point Sumur X

Sumur X	Nilai
Berat String diudara	13442,7 lb
Berat String Bouyancy	11695,8 lb
Normal Tension Weight	16695 lb
<i>Overpull</i>	10379,95 lb
Titik potong	2686 ft

Stretch pada tubing yang mengalami *sticking* di sumur x setelah dilakukan *overpull* sebesar 9,4". Untuk mengetahui titik potong dari nilai hasil *stretch* dengan perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Titik potong} &= \text{stretch pipe} : 3,5 \\
 &= 9,4" : 3.5 \\
 &= 2,686 \times 1000 \text{ ft} \\
 &= 2686 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Estimasi free point untuk titik potong pada sumur x di kedalaman 2686 ft. Hasil dari estimasi ini dibandingkan dengan hasil data lapangan untuk mengetahui titik potong pada tubing tersebut. Pekerjaan estimasi menggunakan DSFP dilakukan dua

Tabel 4. 7 Data Grafik DSFP Sumur X

Depth (ft/m)	Stretch Reading		
	In	Out	Movement (points)
50 M	100	0	100
100 M	100	0	100
200 M	100	0	100
300 M	100	0	100
400 M	100	0	100
500 M	95	0	95
600 M	90	0	90
700 M	65	0	65
750 M	35	0	35
800 M	10	0	10
850 M	0	0	0
870 M	0	0	0

Sumber : PT PESI





Gambar 4. 4 DSFP dan Panel DSFP

Panel DSFP menunjukkan nilai dari 0 hingga 100% apabila nilai pada panel menunjukkan 100% pada saat *running* artinya tubing masih dalam keadaan free atau tidak mengalami stuck. *Engineer* yang melakukan uji menggunakan alat DSFP perlu mempertimbangkan berapa banyak kedalaman yang akan diuji mengingat *cost cost* pada pekerjaan ini sangat besar sekali uji per kedalaman yaitu sebesar Rp 25.178.800 (Pertamina Asset 1, 2018) pada kedua sumur dilakukan uji sebanyak 10 kali per kedalaman. Menurut (weatherford, 2009) tubing bisa dikatakan benar benar berada dititik *stuck* itu ketika free point menunjukkan angka 20 % atau tingkat stuck sudah 80 %. Pada sumur X menunjukkan angka 10% pada kedalaman 800 m yang artinya pada kedalaman 800 m sudah mengalami *sticking* sebesar 90%.

Tabel 4. 8 Menghitung *Torsi Connection* Tubing

Data	Nilai	Satuan
Tubing ID	2,041	in
Tubing OD	2,375	in
Coupling Collar OD	3,063	In
Weight tubing	4,7	Lb/ft
Tubing Length	31	ft

Sumber : (Alexander, 2010)

$$T : \frac{CC OD \times weight tubing \times tubing length}{24}$$

$$T : \frac{3,063 in \times 4,3 \frac{lb}{ft} \times 31 ft}{24}$$

$$T : \frac{0,255 ft \times 4,3 \frac{lb}{ft} \times 31 ft}{24}$$

$$T : 1,41 ft.lb$$

Dari hasil perhitungan diatas torsi yang dibutuhkan untuk tubing melakukan putaran melepaskan maupun menyambung tubing sebesar 1,41 ft.lb

Metoda ini memberikan perkiraan nilai untuk panjang dari *free point* dan digunakan untuk memperkirakan *stuck point* (Newman, 1999).

$$L = \frac{73294 \times W \times \Delta L}{\Delta F}$$

$$L = \frac{73294 \times 4.7 \frac{lb}{ft} \times 9,4 in}{10379,95 lb}$$

$$L = 311 ft$$

Panjang tubing yang mengalami *sticking* dengan estimasi *free point* ini sebesar 311 ft di sumur x.

4.3 ANALISIS EXPLOSIVE JET CUTTERS PADA SUMUR X

Sumur x memiliki kondisi sumur yang mempunyai kandungan gas sehingga dipilih jenis *cutter* explosive jet cutter karena cocok disemua kondisi sumur dibandingkan dengan jenis RCT dan Chemical, selain biaya juga lebih murah explosive jet cutter juga memiliki rangkai toolstring lebih sederhana sehingga meminimalisir *tool cutter* stuck setelah memotong. Sumur x mengalami permasalahan *sticking* pada tubing kemudian setelah dilakukan *estimasi free point* dan didapat titik potong pada kedalaman 2686 ft atau 819 m. berdasarkan history sumur tersebut terdapat packer 9.625". Packer tidak bisa *release* karena indikasi *sticking torque* pada packer (packer tidak bisa diputar karena ada *stuck mechanical* pada packer). Jika dipaksa untuk unset packer

dikhawatirkan tubing 2.375” akan putus karena ukuran tubing yang kecil berbanding dengan packer berukuran 9.625” yang besar. Packer 9.625” sebaiknya dipasang pada tubing ukuran 3.5” ke atas (Muqem, Weekse, & Al-Hajji, 2012)

Tabel 4. 9 Performa Explosive Jet *Cutters*

Parameter	Satuan
Ukuran Tubing OD	2 3/8 In
Tubing ID	2,041 In
Tubing Weight	4,7 lb/ft
Wall thickness	0,167 In
Net Explosive	13,6 Gr

Menghitung *Wall Thickness* dari sumur X menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Wall thickness} &= \frac{\text{OD tubing} - \text{ID tubing}}{2} \\
 &= \frac{2,375 - 2,041}{2} \\
 &= 0.167 \text{ in}
 \end{aligned}$$

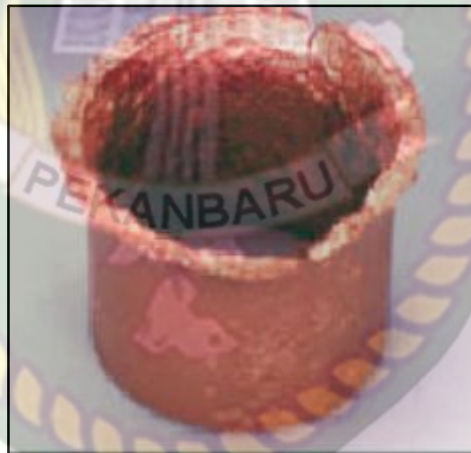
Untuk tubing pada sumur x yang mengalami *sticking* membutuhkan massa *explosive* sebanyak 13,6 gr agar dapat memotong tubing dengan ketebalan *wall thickness* 0.167 in HJC-1680-4001. Menurut (Plate, 2016) net explosive yang digunakan sebagai peledak bertujuan untuk membantu keberhasilan pemotongan.

Tabel 4. 10 Klasifikasi massa explosive

OD Tubing (in)	Jenis	Net Explosive	Wall Thickness (in)
2 3/8	HJC-1680- 4001	13.6 gr	0.16 – 0.254
	HJC-2063- 4001	16.6 gr	0.217 – 0.276
	HJC-2500- 4001	28.6 gr	0.254 – 0.375

Sumber :(Cutters, 2017)

Apabila jumlah massa yang dipakai sedikit maka akan menyebabkan kegagalan pemotongan sedangkan jika terlalu banyak akan menyebabkan rangkaian rusak. Semakin besar *wall thickness* maka semakin banyak massa explosive yang dibutuhkan (Campbell et al., 2009).

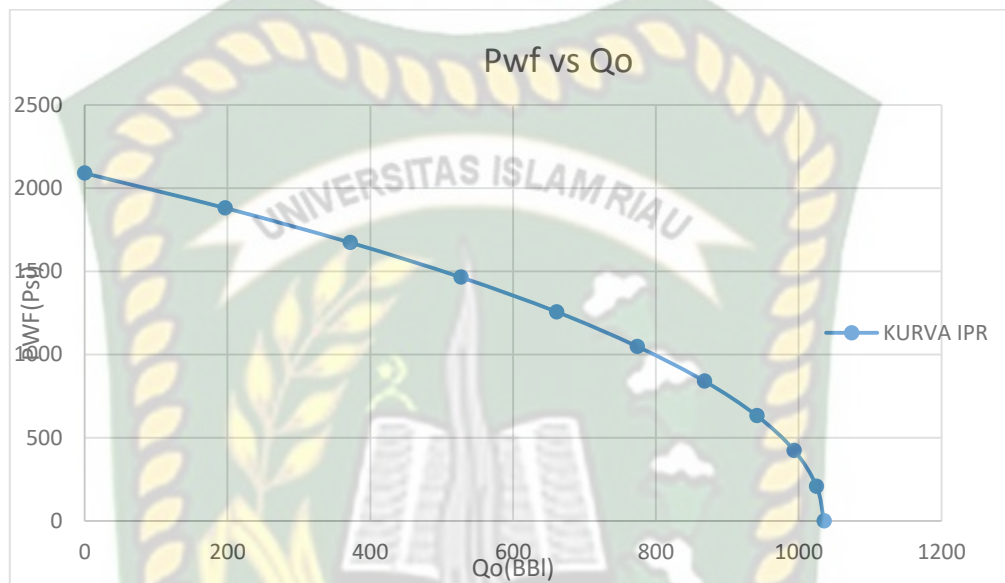


Gambar 4. 5 Hasil Pemotongan EJC

4.4 ANALISIS PERALAMAN PRODUKSI IPR FETKOVICH DAN DECLINE CURVE ANALISIS)

4.4.3 Peramalan produksi IPR Fetkovich

Berdasarkan perhitungan (Lampiran II) peramalan produksi pada persamaan fetkovich didapat grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 6 Kurva IPR sumur x

Dari hasil perhitungan laju alir untuk sumur x diperoleh q_{max} sebesar 1035 BOPD dan $Q_{optimum}$ 838 BOPD, kemudian untuk nilai Q_o pada p_{wf} 1917 psia didapatkan nilai 164 BOPD nilai tersebut dilanjutkan untuk menganalisis performa menggunakan DCA.

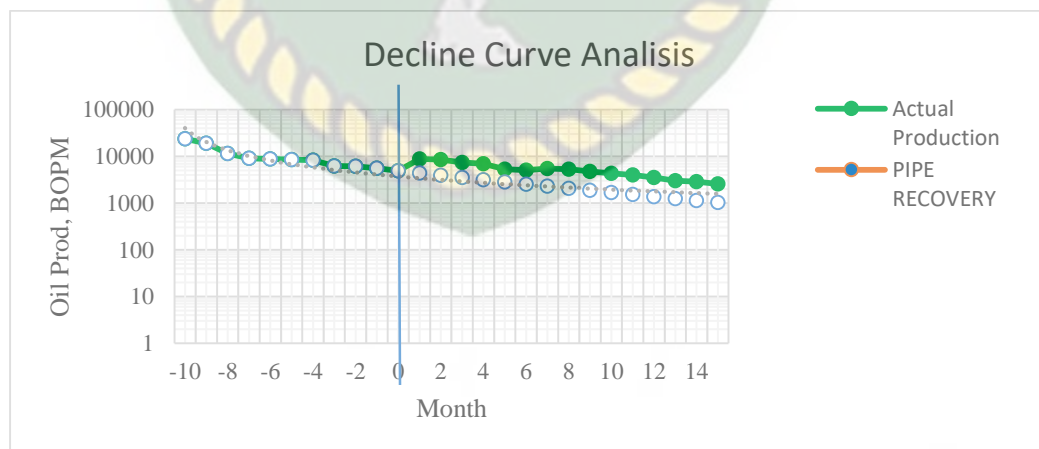
4.4.4 Decline Curve Analysis

Berdasarkan persamaan 1 sampai 7 pada daftar pustaka menentukan tipe kurva decline curve analisis didapat perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Penentuan Kurva Decline

Waktu	Bulan	Aktual	b=0		b=0.1	
			Di	0,110147	Di	0,113237
		q _o ,BOPM	q _o ,BOPM	X ²	q _o ,BOPM	X ²
0	Sep-17	8520	8520	0	8520	0
1	Okt-17	8300	7631,385	58,57999	7612,686	62,05435
2	Nov-17	6221	6835,45	55,23391	6810,528	51,03026
3	Des-17	6122	6122,529	4,57E-05	6100,369	0,076698
4	Jan-17	5596	5483,964	2,288862	5470,82	2,86431
5	Feb-18	4912	4912	0	4912	1,68E-28
Kumulatif				116,1028		116,0256

Dari tabel hasil 4.11 dapat dilihat nilai kumulatif X² paling kecil terdapat pada kolom b = 0,1 dengan nilai kumulatif X² = 116,0256. Nilai tersebut memiliki tingkat *error* lebih kecil dari b yang lain (Lampiran). Maka dari itu jenis kurva *decline* yang digunakan adalah *hyperbolic decline curve*.

**Gambar 4. 7** DCA sumur x

Setelah menemukan tipe kurva yang sesuai dengan data yang diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan produksi menggunakan persamaan 14 dan 15 pada bab tinjauan pustaka, dan untuk hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran Hasil peramalan laju alir dapat dilihat pada gambar 4.6. merujuk pada data produksi sebelum terjadinya *sticking* sumur ini berproduksi dan mengalami penurunan sehingga dilakukan reperforasi. Setelah dilakukan *pipe recovery* dan melanjutkan reperforasi sumur tersebut berhasil mendapatkan perolehan minyak dengan persentasi kenaikan produksi sebesar 200%



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan, perhitungan yang bersifat teknis maka yang didapat dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Diperoleh hasil perhitungan melalui pemilihan metoda *cutters* ini baik dan tepat menggunakan metoda *cutters* jenis *explosive jet cutter* HJC-1460-4001 dipilih berdasarkan hasil nilai wall thickness 0,167 in dengan massa net explosive 13,9 gr agar tubing terpotong secara optimal dikedalaman titik potong 2680ft-2686 ft.
2. Analisis performa pada sumur yang mengalami *sticking* setelah dilakukan *pipe recovery* dan melakukan peramalan produksi menggunakan metoda fetkovich diperoleh hasil laju alir oil sebesar 164 bopd dengan kenaikan persentase produksi melalui decline curve analisis sebesar 200%.

4.2 SARAN

Untuk memperdalam penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lanjut. Oleh karena itu penulis memberikan saran dalam tugas akhir sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi masalah *pipe recovery* menggunakan metoda *cutters* lainya seperti *chemical cutters*
2. Analisis keekonomian dari *pipe recovery* menggunakan kontrak migas yang berbeda sehingga mendapatkan perbandingan kontrak mana yang lebih menguntungkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hajri, N. M., Al-Quwaisim, H. A., & Al-Zahrani, R. M. (2017). Successful use of downhole camera technology to assist fishing operation. *Society of Petroleum Engineers - SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2017, 2017-Janua*, 1–10.
- Alexander. (2010). *Pipe Body : Tubular Assembly : Tubing connection*. 375.
- Alimonti, C. (2005). 3.5 Well completion. *Encyclopedia of Hydrocarbons, 1*, 385–402.
- Amanullah, M., & Al-Arfaj, M. K. (2016). Method and apparatus to reduce the probability of differential sticking. *Society of Petroleum Engineers - IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference*, (August), 22–24. <https://doi.org/10.2118/180506-MS>
- Amin, M. (2013). *Teknik Produksi Migas Peralatan Produksi Atas Dan Bawah Permukaan*. 100.
- Apolianto, E., & Mucharam, L. (2012). *Evaluasi perencanaan dan hasil perforasi berdasarkan target performa lapangan x*. XIX(1), 13–26.
- Arild, Ø., Lohne, H. P., Nielsen, M., Moeinikia, F., & Selvik, J. T. (2018). *SPE-191414-MS Permanent P & A Design - What is Good Enough ? Risk-based approach*. 1–14.
- Campbell, S., Carter, B., & Amiel, J. P. (2009). Nonexplosive tubing cutter for safe, efficient pipe recovery operations. *Coiled Tubing and Well Intervention Conference and Exhibition 2009*, (April), 234–239.
- Chen, Shengnan, B. (2017). Petroleum production engineering. In *Springer Handbooks* (Vol. PartF1, pp. 501–516). https://doi.org/10.1007/978-3-319-49347-3_14
- Cutters, J. (2017). *SPECTRA edge Jet Cutters Titan Division - | Energetics Hunting ' s SPECTRA edge Jet Cutters were designed specifically for the SPECTRA edge Jet Cutters are the latest addition to Hunting ' s SPECTRA ® family of Jet Cutters*

. *Hunting Provides the Complete* . 0–1.

- De Paula Carvalho, R., Barros, R. W., Gastaldo, F. T., Amorim, A., Moreira, J. N., & Gomes, D. S. (2017). Deployment of electro-mechanical cutting tool on intelligent coiled tubing for horizontal wells. *OTC Brasil 2017*, 824–835.
- Fitrianti, & Novrianti. (2017). Issn 2540 - 9352. *Analisis Peningkatan Produksi Pada Sumur Minyak Dengan Metode Partial Water Shut off Dalam Meningkatkan Rasio Keberhasilan Partial Water Shut Off Pada Lapangan Hawa*, 6(1), 38–43.
- Hazmat. (2016). Tool Configuration. *MCR CONFIDENTIAL INFORMATION*, 4.1, 6–7.
- Hess, J. (2016). Pipe sticking prediction using LWD real-time measurements. *SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings, 2016-Janua*(March), 1–3.
- Javeri, S. M., Haindade, Z. W., & Jere, C. B. (2011). Mitigating loss circulation and differential sticking problems using silicon nanoparticles. *Proceedings of the SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition*, 136–139. <https://doi.org/10.2118/145840-ms>
- Joppe, L. C., Nelson, J. F., Kelman, G. L., & Incorporated, B. H. (2017). *OTC-27807-MS We 're Stuck : Efficient Casing Removal for Well Abandonment Applications Objectives / Scope : Methods , Procedures , Process : Results , Observations , and Conclusions* : (May), 1–4.
- Jurgens, M. S. (2009). Effect of well variables on the performance of chemical jet, and RCT tubing cutters. *SPE Drilling and Completion*, 24(3), 378–382. <https://doi.org/10.2118/110776-PA>
- Knoll, T. M., Staufer, M., & Knoll, T. M. (2012). *Mobile Networks Evolution for Individual Communications Experience – MEVICO*. 1(78).
- Krüger, C., Faraoun, A., & Eikeland, T. (2014). Improving overhead and reducing time consumption on P&A operations with e-line, explosion-free, mechanical cutter

- tool. *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*, 5, 3696–3704.
- Level, C. (2013). *Completions & Workovers Module*.
- Lissa Sugiri, P. (2017). Analisis Gaya Apung (Buoyancy) Pada Sistem Perpipaan Gas Di Area Flowline Dan Trunkline. *Jurnal Geomine*, 4(3), 94–97. <https://doi.org/10.33536/jg.v4i3.71>
- Mansour, H., Ahmad, M. M., & Technology, I. (2013). *Evaluation of operational performance of workover rigs activities in oilfields International Journal of Productivity and Performance Management Article information* : (January). <https://doi.org/10.1108/17410401311295740>
- Mohanna, A., Voghell, M., Alali, A., Bakir, R., & Al-Mousa, A. (2012). A step change in fishing efficiency: Recovering stuck pipe using the fishing agitation tool. *Society of Petroleum Engineers - SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition 2012*, (155 mm), 675–682.
- Muqem, M. A., Weekse, A. E., & Al-Hajji, A. A. (2012). Stuck pipe best practices - A challenging approach to reducing stuck pipe costs. *Society of Petroleum Engineers - SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition 2012*, 756–765. <https://doi.org/10.2118/160845-ms>
- Nathan, A. J., & Scobell, A. (2012). How China sees America. *Foreign Affairs*, 91(5), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Newman, K. R. (1999). Coiled-Tubing Stretch and Stuck-Point Calculations. *Proceedings of the SPE/ICoTA Coiled Tubing Roundtable Conf*, 69–78.
- Novrianti. (2015). Issn 2540 - 9352. *Studi Kelayakan Pekerjaan Pemilihan Zona Produksi Dan Squeeze off Cementing Pada Sumur MY05*, 4(2), 70–77.
- Ode, N. E. N., & Aplication, A. G. A. (2011). *Prinsip DSFP*. 1(3), 197–203. <https://doi.org/10.7323/ijaet/v1>
- Pertamina Asset 1. (2018). *PENYEDIAAN JASA & PERALATAN EWLPP FIELD*

- RANTAU & P. SUSU PT. PERTAMINA EP ASSET 1 TAHUN 2016 - 2018. 2018.
- Plate, T. W. (2016). *Titan Division / Energetics SPECTRA 2TM Jet Cutters*. (940).
- Putra, G. (2018). Desain Tubing Completion Pada Zona Comingel Dengan String Tunggal Packer Ganda. *Universitas Islam Riau*.
- Ramanda, K., Satiyawira, B., & Sundja, A. (2015). *Seminar Nasional Terjepitnya Rangkaian Pipa Pemboran Pada Sumur “ JH -151 ” Lapangan X DI PT . Pertamina EP Seminar Nasional Cendekiawan 2015 ISSN : 2460-8696*. 197–203.
- Sidle, B., Crist, R., Kirsanov, K., Albright, J., & Ray, J. (2013). Case studies: E-line “heavy” workovers in high latitude environments. *Society of Petroleum Engineers - SPE Arctic and Extreme Environments Conference and Exhibition, AEE 2013*, 3, 1905–1926.
- TABLE, A. (n.d.). *ENGINEERING TABLES*. 152.
- Technology, R. C., Technology, A., & Tools, S. (n.d.). *Radial cutting technology*.
- Training, M. (2010). Master Training Manual Rev G. *MCR Oil Tool*, 40.
- weatherford. (2009). *Pipe Recovery Handbook*. USA.
- Yopy Agung Prabowo, W. A. (2015). EVALUASI PIPA BOR TERJEPT PADA SUMUR KIRANA LAPANGAN BUMI 2014-1. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 13(3), 1576–1580.