

**EVALUASI *BLIND DRILLING* UNTUK MENGATASI *LOST CIRCULATION* PADA TRAYEK INTERMEDIATE 12¼”
SUMUR “A-1” LAPANGAN “K”**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :
SONIA AGUSTIN

173210463

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

2022

**EVALUASI *BLIND DRILLING* UNTUK MENGATASI *LOST CIRCULATION* PADA TRAYEK INTERMEDIATE 12¼”
SUMUR “A-1” LAPANGAN “K”**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :
SONIA AGUSTIN

173210463

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh:

Nama : Sonia Agustin

NPM : 173210463

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Evaluasi *Blind Drilling* Untuk Mengatasi *Lost Circulation* Pada Trayek Intermediate 12¼" Sumur "A-1" Lapangan "K"

Telah berhasil dipertahankan didepan 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 : Novrianti, S.T., M.T (.....)

Penguji I : Idham Khalid, ST., M.T (.....)

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

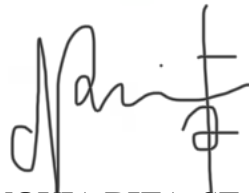
Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 27 April 2022

Disahkan Oleh:

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN

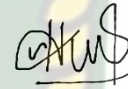


NOVIA RITA, ST., MT

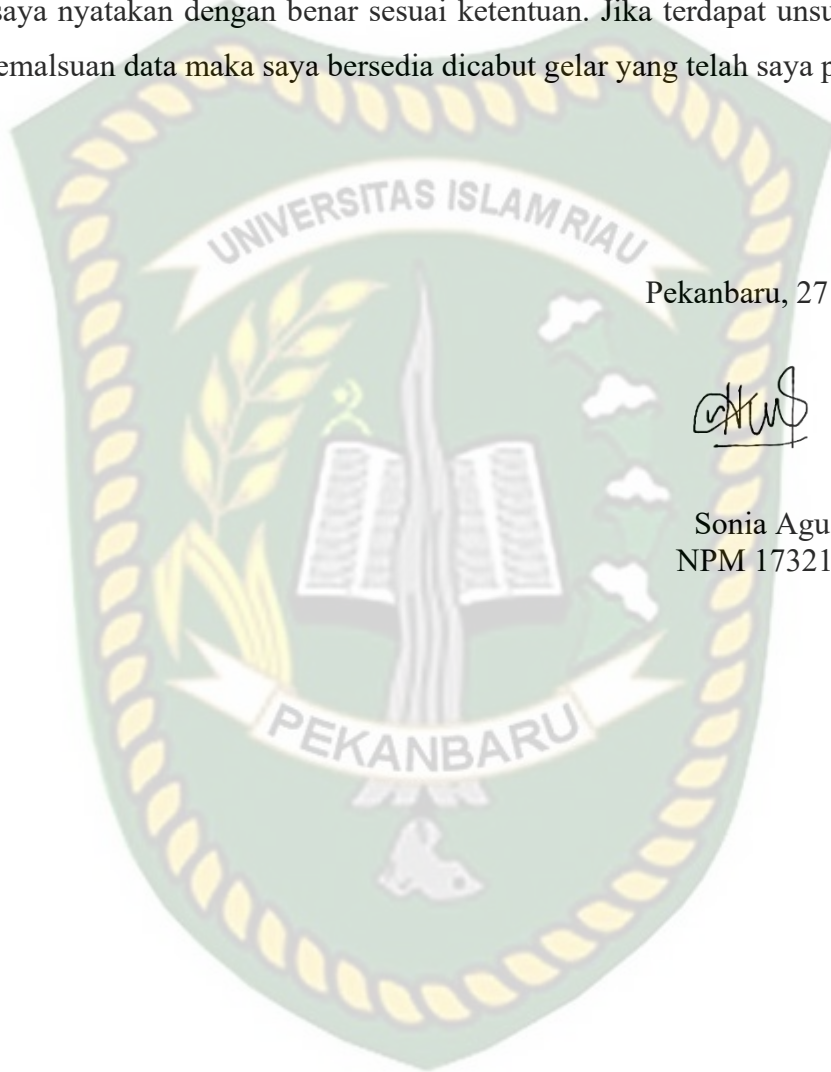
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini 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, 27 April 2022



Sonia Agustin
NPM 173210463



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Novrianti, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Novia Rita, ST., MT selaku Ketua Prodi dan Bapak Tomi Erfando, ST., MT selaku Sekretaris Prodi serta Ibu Novrianti, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik dan dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Teristimewa saya sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda tercinta Suwarsono dan Ibunda Titin Sumarni yang senantiasa telah memberikan bantuan, motivasi doa yang tulus dan dukungan moril serta material sehingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan dan menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman teman Teknik Perminyakan 2017 yang telah memberikan kesan yang menyenangkan selama masa perkuliahan.

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

Pekanbaru, 27 April 2022



Sonia Agustin

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRAC	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>State Of The Art</i>	4
2.2 <i>Lost Circulation</i>	10
2.2.1 Faktor-faktor Penyebab Hilang Lumpur.....	11
2.2.2 Mekanisme <i>Lost Circulation</i>	13
2.2.3 Jenis-jenis Hilang Lumpur di Formasi.....	14
2.2.4 Penanggulangan <i>Lost Circulation</i>	15
2.3 <i>Analisis Lost Circulation</i>	18
2.3.1 Analisa Penyebab <i>Lost Circulation</i>	18
2.3.2 Evaluasi Metode <i>Blind Drilling</i>	20
BAB III METODELOGI PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	23

3.2 Diagram Penelitian	23
3.3 Jenis Penelitian	24
3.4 Tempat Penelitian	27
3.5 Jadwal Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	29
4.1 Pelaksanaan Pemboran dan Kronologi Terjadinya <i>Lost Circulation</i>	29
4.2 Analisa Penyebab <i>Loss Circulation</i> Pada Sumur “A-1” Lapangan “K” 32	
4.2.1 Perhitungan Tekanan Formasi dan Tekanan Rekah Formasi	33
4.2.2 Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur Saat <i>Loss</i>	33
4.2.3 Perhitungan <i>Bottom Hole Circulating Pressure</i> (BHCP) dan <i>Equivalent Circulating Density</i> (ECD).....	34
4.3 Penanggulangan <i>Lost Circulation</i> Pada Sumur “A-1” Lapangan “K” ..	36
4.3.1 Evaluasi Faktor Hidrolik	36
4.3.2 Evaluasi Faktor Mekanik.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State Of The Art	5
Tabel 3.1 Tabel Data Lumpur	25
Tabel 3.2 Tabel Data Pemboran	25
Tabel 3.3 Tabel Data Cutting	26
Tabel 3.4 Tabel Data Pompa	27
Tabel 3.5 Jadwal Penelitian	28
Tabel 4.1 Trayek dan Susunan Casing pada Sumur “A-1” Lapangan “K”	29
Tabel 4.2 Interval Kedalaman Hilang Lumpur pada Sumur “A-1” Lapangan “K”	31
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tekanan Formasi dan Tekanan Rekah Formasi	33
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tekanan Hidrostatik	34
Tabel 4.5 Hasil perhitungan Bottom Hole Circulating Pressurre (BHCP) dan Equivalent Circulating Density (ECD)	35
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Ph, Pf, Prf, BHCP dan ECD	35
Tabel 4.7 Faktor Hidrolik	37
Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Perhitungan Aktual dan Re-Design.	38
Tabel 4. 9 Parameter Faktor Mekanik	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fissures, Fractures, dan Faults.....	12
Gambar 3.1 Diagram Penelitian	24
Gambar 4.1 Skematik Sumur “A-1” Lapangan “K”.....	30
Gambar 4.2 Bintuni Basin Stratigraphy	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Perhitungan Kecepatan Aliran Lumpur dan Kehilangan Tekanan di Annulus	46
Lampiran II Perhitungan ECD dan BHCP serta Perhitungan Faktor Hidrolik..	53
Lampiran III Tabel Parameter Faktor Mekanik... Error! Bookmark not defined.	



DAFTAR SINGKATAN

BHCP	<i>Bottom Hole Circulating</i>
CaCO ₃	Calcium Carbonat
ECD	<i>Equivalent Circulating Density</i>
LCM	<i>Lost Circulation Materials</i>
ROP	<i>Rate Of Penetration</i>
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>
WOB	<i>Weight On Bit</i>



DAFTAR SIMBOL

d	<i>d-exponent</i> , d-unit
D	Kedalaman , ft
d_b	Bit diameter, inci
d_c	<i>d-exponent</i> koreksi, d-unit
G_f	Gradien Tekanan Formasi, psi/ft
ID	<i>Inside Diameter</i> , m
MW	<i>Mud Weight</i> , ppg
N	<i>Rotary Speed</i> , RPM
OD	<i>Outside Diameter</i> , m
P_f	Tekanan Formasi, psi
P_h	Tekanan Hidrostatik, psi
R	<i>Rate of Penetration</i> , ft/hr
TVD	<i>True Vertical Depth</i> , ft
W	<i>Weight On Bit</i>



**EVALUASI *BLIND DRILLING* UNTUK MENGATASI *LOST CIRCULATION* PADA TRAYEK INTERMEDIATE 12¼” SUMUR “A-1”
LAPANGAN “K”**

SONIA AGUSTIN

173210463

ABSTRAK

Lost circulation terjadi pada trayek 12¼” Sumur “A-1” Lapangan “K” yaitu *total loss* pada lapisan *limestone*. Pemompaan LCM 40 bbls 30ppb *nut plug Fine* dan 10 ppb CaCO₃ dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut namun belum berhasil, sehingga dilakukan metode *blind drilling*. Dilakukan perhitungan tekanan formasi, tekanan rekah formasi, tekanan hidrostatik lumpur, BHCP, dan ECD sehingga dapat mengetahui penyebab terjadinya *lost circulation*. Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui penyebab terjadinya *lost circulation* pada sumur A-1 lapangan K yaitu *induced fracture* atau rekahan akibat kesalahan pengeboran yang disebabkan *bottom hole circulating pressure* melebihi tekanan rekah formasi. Kemudian dilakukan evaluasi faktor hidrolik berupa perhitungan tekanan hidrostatik *re-design* dan *bottom hole circulating pressure* (BHCP) *re-design*, lalu dilakukan juga evaluasi faktor mekanik berupa analisa ROP, RPM, WOB, dan Torsi untuk mengetahui apakah ada indikasi terjadinya pipa terjepit pada saat dilakukannya metode *blind drilling*. Dengan menggunakan metode *blind drilling* diperoleh nilai tekanan hidrostatik sebesar 3925,57 psi, *bottom hole circulating pressure* (BHCP) sebesar 5261,05 psi, ROP sebesar 12 m/hr, RPM sebesar 187, WOB sebesar 8.4 klbs, dan torsi sebesar 4,214 kftlb, sehingga dapat disimpulkan bahwa indikasi terjadinya pipa terjepit disebabkan dari nilai ROP yang menurun.

Kata kunci : *lost circulation, blind drilling, formasi*

**EVALUATION OF BLIND DRILLING TO OVERCOME LOST
CIRCULATION ON THE 12¼" INTERMEDIATE TRAINING WELL "A-1"
FIELD "K"**

SONIA AGUSTIN

173210463

ABSTRAC

Lost circulation occurs on the 12¼" route, "A-1" well, "K" field, which is the total loss in the limestone layer. Pumping LCM 40 bbls 30ppb nut plug Fine and 10 ppb CaCO₃ was carried out to overcome this problem but was not successful, so the blind drilling method was carried out. Calculation of formation pressure, formation fracturing pressure, mud hydrostatic pressure, BHCP, and ECD so as to determine the cause of lost circulation. Based on these calculations, it is known that the cause of lost circulation in well A-1 field K is induced fracture or fracture due to drilling errors caused by bottom hole circulating pressure exceeding the formation fracture pressure. Then an evaluation of hydraulic factors was carried out in the form of re-design hydrostatic pressure calculations and bottom hole circulating pressure (BHCP) re-design, then an evaluation of mechanical factors was also carried out in the form of ROP, RPM, WOB, and Torque analysis to find out whether there were indications of a pinched pipe at the time of operation. performed the blind drilling method. By using the blind drilling method, the hydrostatic pressure value is 3925.57 psi, bottom hole circulating pressure (BHCP) is 5261.05 psi, ROP is 12 m/hr, RPM is 187, WOB is 8.4 klbs, and torque is 4,214 kftlb. so it can be concluded that the indication of a pinched pipe is caused by the decreasing ROP value.

Keywords: *lost circulation, blind drilling, formation*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pemboran merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk membuat suatu lubang dari permukaan hingga menembus ke reservoir untuk mencapai target hidrokarbon. Dalam suatu kegiatan pemboran biasa dijumpai beberapa permasalahan salah satunya adalah penggunaan lumpur bor sebagai media sirkulasi (Nakasa, Marinna Ayudinni. 2015).

Pada operasi pemboran sumur minyak dan gas yang dilakukan tidak selalu lancar sesuai dengan perencanaan, adakalanya terjadi permasalahan pada operasi sumur tersebut. Salah satu masalah dalam operasi pemboran yaitu hilang sirkulasi lumpur (*lost circulation*), hilang sirkulasi lumpur merupakan hilangnya sebagian (*partial lost*) atau semua (*total lost*) dari fluida pemboran ke dalam formasi, sehingga sirkulasi pemboran tidak sesuai yang diinginkan (Satiyawara, Bayu dan Galih Imanurdana. 2018).

Sumur “A-1” lapangan “K” merupakan sumur eksplorasi yang dilakukan pemboran dengan kedalaman sampai 4538.5 m. Sumur “A-1” lapangan “K” juga merupakan sumur yang *complex* sehingga pemboran dilakukan dengan menggunakan 5 trayek yaitu trayek 36”, trayek 26”, trayek 17 ½”, trayek 12 ¼” dan trayek 8 ½”. Trayek 36” memiliki interval kedalaman ±0-80 m, trayek 26” memiliki interval kedalaman 80-519 m, trayek 17 ½” memiliki interval kedalaman 519-2190 m, trayek 12 ¼” memiliki interval 2190-3577 m dan trayek 8 ½” memiliki interval 3577-4620 m. Formasi yang menjadi target pemboran berada pada Formasi Roabiba yang terdiri dari batuan *sandstone* direncanakan dilakukan pemboran sampai kedalaman 4507 m tetapi aktualnya hingga mencapai kedalaman 4538.5 m. Permasalahan pemboran yang terjadi pada sumur “A-1” lapangan “K” yang terletak di Teluk Bintuni, Papua Barat yaitu *total loss* di lapisan *limestone* pada trayek intermediete 12 ¼” saat menembus Formasi Kais dan Fumai yang diperkirakan pada kedalaman 2193-2631 m ditunjukkan dengan tidak kembalinya lumpur pemboran ke permukaan yang bisa saja terjadi karena

faktor formasi yaitu adanya *natural fracture* (rekahan alami) atau *induced fracture* (rekahan yang terjadi akibat kegiatan pemboran). Penanggulangan *lost circulation* yaitu dengan memompakan LCM namun tidak berhasil menutup zona *loss*, sehingga dilakukan metode *blind drilling*. Penanggulangan menggunakan metode *blind drilling* yang dilakukan berhasil apabila laju pemboran normal dan tidak terjadi permasalahan seperti pipa terjepit maupun kerusakan pada formasi. Agar metode *blind drilling* berhasil atau berjalan optimal dapat di evaluasi dari faktor hidrolik berdasarkan faktor hidrolik yaitu tekanan hidrostatik *re-design* dan *bottom hole circulating pressure* (BHCP) *re-design* dan faktor mekanik ROP, RPM, dan WOB . Penelitian ini akan menganalisis tekanan formasi, tekanan rekah formasi, tekanan hidrostatik lumpur, BHCP, dan ECD sehingga dapat diketahui klasifikasi penyebab terjadinya *lost circulation*. Hasil dari penelitian diharapkan dapat menjadi suatu referensi atau acuan untuk sumur-sumur lainnya yang mempunyai karakteristik formasi dan permasalahan yang sama dengan sumur “A-1” pada operasi pemboran selanjutnya di lapangan yang sama.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penyebab terjadinya *lost circulation* pada trayek 12¼” di sumur “A-1” lapangan “K”.
2. Mengevaluasi metode *blind drilling* berdasarkan faktor hidrolik yaitu tekanan hidrostatik *re-design* dan *bottom hole circulating pressure* (BHCP) *re-design* serta faktor mekanik yaitu ROP, RPM, dan WOB dalam mengatasi permasalahan *lost circulation* pada trayek 12¼” di sumur “A-1” lapangan “K”.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat di ambil dari penelitian ini yaitu menambah pengetahuan dan pengkayaan materi Mata Kuliah Teknik Pemboran agar dijadikan karya ilmiah untuk dipublikasikan sebagai jurnal nasional maupun internasional.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini mendapatkan hasil yang lebih terarah dan terfokus, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun batasan masalah yang diberikan dalam penelitian ini adalah evaluasi dilakukan hanya untuk mengetahui penyebab *lost circulation* dapat terjadi dan cara penanggulangannya dengan metode *blind drilling*.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam diciptakan oleh Allah SWT untuk dapat dimanfaatkan oleh umat manusia yang salah satunya adalah minyak bumi. Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang disediakan oleh Allah SWT untuk mempermudah hidup umat manusia. Penelitian ini dilakukan berdasarkan firman Allah, (Allah berfirman): “Inilah Kitab (catatan) Kami yang menuturkan kepadamu sebenar-benarnya. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan”. (QS. Al-Jasiyah [45]: 29)

2.1 State Of The Art

Penelitian ini didasari oleh beberapa konsep penelitian terdahulu sebagai referensi. Terdapat beberapa penelitian yang dijadikan sumber referensi dalam penelitian ini, diantaranya yaitu :

- 1) Evaluasi Penanggulangan *Lost Circulation* Pada Sumur M-1 dan M-2 Lapangan X PHE WMO
- 2) Analisa Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y
- 3) Analisis Pemilihan Polimer Untuk Mengatasi *Lost Circulation*
- 4) Evaluasi Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur dan Penanggulangannya Pada Pemboran Sumur-Sumur Lapangan Minyak “X”
- 5) Evaluasi Hilang Sirkulasi Pada Sumur M Lapangan Minyak B Akibat Beda Besar Tekanan Hidrostatik Lumpur dengan Tekanan Dasar Lubang Sumur
- 6) Evaluasi Penanggulangan Terjadinya Hilang Lumpur Pada Pemboran Sumur “FAZ-32” Lapangan “FAZ”
- 7) Analisis Penggunaan Additif LCM untuk Menanggulangi *Lost Circulation* Pada Lapangan TAF Sumur DC-011 dan DC-012
- 8) Penanganan Loss Dalam Operasi *Drilling* Pada Formasi Karbonat (Eq. Kujung) Pada Lapangan X

Adapun penjelasan mengenai beberapa penelitian tersebut disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 *State Of The Art*

1.	Judul Penelitian	Evaluasi Penanggulangan <i>Lost Circulation</i> Pada Sumur M-1 dan M-2 Lapangan X PHE WMO (Marinna Ayudinni Nakasa, 2015)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Formasi OK dan Kujung-1. Metode Penelitian : <i>Field Research</i> , mengumpulkan data-data sumur <i>offset</i> dan litologi formasi.
	Hasil	Pada sumur M-1 formasi Upper Ok kedalaman 1360 ft MD penanganan <i>lost circulation</i> menggunakan teknik penyumbatan berupa LCM dinyatakan berhasil , ditunjukkan dari nilai <i>loss</i> yang menurun. Pada sumur M-1 formasi Kujung 1 penanggulangan menggunakan LCM dan juga semen <i>thixotropic</i> dinyatakan tidak memberikan hasil . Terjadi <i>total loss</i> pada sumur M-2 lubang 17 1/2 “ di formasi Upper Ok penanggulangan menggunakan LCM (Lost Circulation Material), oleh karena kondisi formasi mempunyai pori yang cukup besar atau disebut (Cavernous Formation) dinyatakan tidak berhasil dan 4 kali dilakukan <i>cement plug</i> . Pada formasi Kujung 1 di kedalaman 3394 ft MD dan 3700 ft MD terjadi <i>partial loss</i> , diatasi dengan LCM tetapi dinyatakan tidak berhasil .
2.	Judul Penelitian	Analisa Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y (H. Pradziko dkk. 2017)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Lapangan Sukowati provinsi Jawa Timur Metode Penelitian : Analisa perhitungan data yang diperoleh dari <i>drilling report</i> PT. Pertamina UTC
	Hasil	Terjadinya <i>loss</i> diakibatkan oleh formasi Tuban Karbonat

		yang merupakan litologi <i>limestone</i> . Penanggulangan <i>lost circulation</i> pada Sumur X dengan menggunakan LCM berupa <i>calcium carbonat</i> pada kedalaman 7792 ft MD sebesar 5 ppb dan dinyatakan berhasil . Pemboran pada sumur X di Lapangan Karaha dinyatakan berhasil karena pada interval target reservoir terjadi penyimpangan lintasan sebesar 20 m masih dalam batas tolerir sebesar 25m.
3.	Judul Penelitian	Analisis Pemilihan Polimer Untuk Mengatasi Lost Circulation (Syah, Ade Muhammad dkk. 2018)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Sumur X Metode Penelitian : Mengelola data valid, dengan memperhitungkan volume pada annulus sumur dan menghitung tekanan hidrostatik.
	Hasil	Terjadinya <i>lost</i> dikarenakan tekanan hidrostatik yang dihasilkan fluida <i>kill well</i> yang masih berada dibawah <i>fracture pressure</i> . <i>Crosslinked polymer</i> adalah salah satu alternative yang dapat mengatasi <i>loss</i> pada proses pengerjaan workover. Usaha untuk mematikan sumur dengan menaikkan viskositas fluida kill terbukti berhasil untuk mematikan sumur.
4.	Judul Penelitian	Evaluasi Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur dan Penanggulangannya Pada Pemboran Sumur-Sumur Lapangan Minyak "X" (Satiyawara, Bayu dan Galih Imanurdana. 2018)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Lapangan Minyak "X" Formasi Baturaja Metode Penelitian : Metode perhitungan yang berhubungan dengan penyebab terjadinya <i>lost circulation</i> .

	<p>Hasil</p>	<p>Pada sumur A pada kedalaman 6.611 ft penanggungan <i>loss</i> dilakukan 2 kali penyumbatan dengan LCM namun tidak berhasil sehingga <i>loss</i> baru berhasil setelah dilakukan penyumbatan menggunakan <i>cementing</i>. Pada kedalaman 6.979 ft penanggungan <i>loss</i> dilakukan dengan penyumbatan <i>cementing</i>.</p> <p>Pada sumur B penanggungan <i>loss</i> dilakukan menggunakan penyumbatan LCM sebanyak 3 kali, akan tetap masih tidak berhasil sehingga dilakukan <i>blind drilling</i> untuk dapat mengatasi permasalahan <i>loss</i>.</p> <p>Pada sumur C penanggungan <i>loss</i> dilakukan dengan memasukkan 35 bbl LCM 15 ppb berupa CaCO_3 pada sistem lumpur sehingga pemboran dapat terus berjalan dengan tetap mengatasi masalah <i>lost circulation</i>.</p>
	<p>Judul Penelitian</p>	<p>Evaluasi Hilang Sirkulasi Pada Sumur M Lapangan Minyak B Akibat Beda Besar Tekanan Hidrostatik Lumpur dengan Tekanan Dasar Lubang Sumur (Rosyidan, Cahaya dkk. 2015)</p>
<p>5.</p>	<p>Metodologi Penelitian</p>	<p>Lokasi Penelitian : Formasi Talang Akar Metode Penelitian : Melakukan perhitungan pada tekanan rekah formasi (Pfr), <i>equivalent circulating density</i> (ECD), <i>bottom hole circulating pressure</i> (BHCP), dan <i>pressure surge</i> (Psurge).</p>
	<p>Hasil</p>	<p><i>Loss</i> yang terjadi dikarenakan tekanan pada formasi yang cenderung kecil dan permeabilitas yang cenderung besar yaitu sekitar 25%. Penanggungan yang dilakukan pada kedalaman 3345.6 ft, 3365.28 ft, 3395.78 ft, 3473.52 ft, 3475.16 ft, 3476.8 ft, 3486.64 ft, 3562.08 ft, dan pada kedalaman 3693.28 ft dengan menggunakan penyumbatan</p>

		<p>dengan LCM berupa CaCO_3 (<i>Calcium Carbonat</i>) 200 ppb, CaCO_3 300 ppb, <i>microseal</i>, <i>cementing</i>, dan menambahkan material lain misalkan serbuk padi pada kondisi loss tertentu.</p> <p>Terjadi <i>total loss</i> pada kedalaman 3395.78 ft karena pada saat fluida sirkulasi yang dipompakan tidak kembali ke permukaan agar ekonomis dilakukan pemasangan <i>cement plug</i>.</p>
	Judul Penelitian	Evaluasi Penanggulangan Terjadinya Hilang Lumpur Pada Pemboran Sumur "FAZ-32" Lapangan "FAZ" (Asmarani, Farisah dkk. 2017)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Formasi Ngayong dan Formasi Tuban Metode Penelitian : Menggunakan <i>drilling report</i> dan melakukan analisa perhitungan.
6.	Hasil	<p>Pada Sumur "FAZ-32" hilangnya lumpur terjadi sebanyak 4 kali, 3 kali merupakan <i>partial loss</i> pada kedalaman 7150 ft, 7536 ft, dan 7560 ft dan 1 kali merupakan <i>total loss</i> pada kedalaman 7641 ft.</p> <p>Pada kedalaman 7150 ft berdasarkan hasil perhitungan Tekanan Formasi < BHCP < Tekanan Rekah Formasi, maka <i>lost circulation</i> disebabkan oleh <i>natural fracture</i>. Pada kedalaman 7536 ft, 7560 ft, dan 7641 ft berdasarkan perhitungan Tekanan Formasi < Tekanan Rekah Formasi < BHCP, maka <i>lost circulation</i> disebabkan oleh <i>induced fracture</i>.</p> <p>Pada sumur "FAZ-32" Lapangan "FAZ" penanggulangan hilang sirkulasi dengan menggunakan LCM dan <i>blind drilling</i>.</p> <p>Pada kedalaman 7150 ft, 7536 ft, dan 7560 ft dilakukan</p>

		<p>penanggulangan <i>loss</i> dengan penyumbatan menggunakan LCM jenis CaCO₃ (Calcium Carbonat) 50 ppb pill, dan 60 ppb pill. CaCO₃ digunakan untuk <i>partial loss</i>..</p> <p>Pada kedalaman 7614 ft terjadi <i>total loss</i> dimana sirkulasi tidak ada yang kembali ke permukaan sehingga penanggulangan dengan metode <i>blind drilling</i> menggunakan air, agar <i>cutting</i> dapat masuk ke dalam zona. Setelah dilakukan <i>blind drilling</i> dilakukan <i>cement plug</i> yang tujuannya untuk menyumbat formasi yang <i>loss</i>.</p>
	Judul Penelitian	<p>Analisis Penggunaan Additif LCM untuk Menanggulangi Lost Circulation Pada Lapangan TAF Sumur DC-011 dan DC-012 (Rahmad, Teguh. 2018)</p>
	Metodologi Penelitian	<p>Lokasi Penelitian : Lapangan TAF Blok CPP BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu Metode Penelitian : Menggunakan <i>drilling report</i> dan <i>field research</i>.</p>
7.	Hasil	<p>Penyebab terjadinya <i>loss</i> pada kedua sumur itu diakibatkan oleh depleted zone yaitu zona dimana tekanan formasi sangat rendah karena melakukan produksi pada formasi yang sama tetapi jumlah sumur produksi yang banyak.</p> <p>Penanganan untuk mengatasi <i>lost circulation</i> yang terjadi pada kedua sumur tersebut adalah dengan spot LCM. Pada sumur DC-011 yang terjadi 3 kali <i>loss</i> menggunakan 3 jenis konsentrasi pada kedalaman yang berbeda yaitu 40,75 dan 100 ppb, Sedangkan pada sumur DC-012 dengan konsentrasi 60 ppb.</p>

	Judul Penelitian	Penanganan Loss Dalam Operasi <i>Drilling</i> Pada Formasi Karbonat (Eq. Kujung) Pada Lapangan X (Aulia, Firman. 2018)
	Metodologi Penelitian	Lokasi Penelitian : Lapangan X Blok Cepu Metode penelitian : Mengumpulkan data <i>core</i> batuan berupa <i>routine</i> dan SCAL dari empat sumur.
8.	Hasil	<i>Lost circulation</i> diperkirakan terjadi pada <i>Top Carbonate Envelope</i> yang memiliki kandungan gas dan kemudian diikuti hilangnya lumpur pada bagian <i>drowning phase</i> dibawah. Kadang kala ditemukan <i>gas pocket</i> yang mengakibatkan <i>total loss</i> . Penanggulangan <i>lost circulation</i> menggunakan LCM seperti butiran material yang halus (<i>fine</i>) dan juga kebutir yang kasar (<i>coarse</i>). Penanggulangan menggunakan LCM selain kurang efisiensi juga memiliki dampak yang buruk antara lain : lubang sumur menjadi tidak bagus, <i>wash out</i> lebih dari 20%, meningkatnya biaya dan waktu yang diperlukan pada operasi pemboran hingga 30-40%, selain itu juga menyebabkan kondisi lubang pemboran yang tidak stabil sehingga dapat mengakibatkan potensial <i>caving</i> / runtuh cutting atau berpotensi <i>blow out</i> .

2.2 Lost Circulation

Menurut (Bayu Satiyawira dan Galih Imanurdana, 2018), *lost circulation* dapat diartikan hilangnya suatu fluida pada saat proses pemboran. Selama pemboran berlangsung fluida dapat hilang sebagian atau seluruhnya yang masuk kedalam formasi. Lumpur pemboran yang masuk kedalam formasi bisa diakibatkan secara alamiah dan secara mekanis.

Kerugian-kerugian akibat terjadinya *lost circulation* antara lain: tidak diperolehnya *cutting* pemboran yang digunakan sebagai sampel log, dapat

mengakibatkan terjepitnya pipa pemboran, dan jika terjadi pada zona produktif dapat mengakibatkan kerusakan pada formasi. Oleh sebab itu dalam melaksanakan program pemboran harus diperhitungkan serinci mungkin agar dapat menghindari permasalahan pada saat pemboran dilakukan (H, Pradiko. Z dkk. 2017).

2.2.1 Faktor-faktor Penyebab Hilang Lumpur

Lost circulation terjadi disebabkan adanya rekahan terbuka yang cukup besar di dalam lubang pemboran, kemungkinan lumpur untuk dapat masuk kedalam formasi, dan tekanan pada lubang menjadi lebih besar dari tekanan formasi. Rekahan tersebut dapat terjadi secara alami di dalam formasi yang *cavernous, fracture, fissure, unconsolidate*, atau tekanan yang terlalu besar. Untuk faktor-faktor yang dapat menyebabkan *lost circulation* (Nakasa, Marinna Ayudinni. 2015) :

2.2.1.1 Jenis Formasi

Hilang lumpur dapat disebabkan oleh jenis formasi, yaitu karena porositas dan permeabilitas yang besar dari formasi tersebut, juga karena adanya gua-gua dan rekahan pada formasi yang berbentuk horizontal maupun vertikal. Ada tiga jenis formasi yang menyebabkan hilang lumpur, yaitu: *Coarsely Permeable Formation, Cavernous Formation, dan Fissures, Fractures, Faults.*

a. *Coarsely Permeable Formation*

Formasi yang *permeable* yang tersusun dari butiran-butiran kasar, yang memiliki ukuran diameter pori-pori batuan formasi tiga kali lebih besar dibanding dengan butiran padat dari lumpur serta tekanan hidrostatik lumpur lebih besar ($>$) 10% dibanding tekanan formasi. Penyebab terjadinya *lost circulation* di formasi ini dikarenakan butir-butirnya pembentuknya yang kasar membuktikan adanya ruang pori yang sangat besar sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap lumpur lebih besar.

b. *Cavernous Formation*

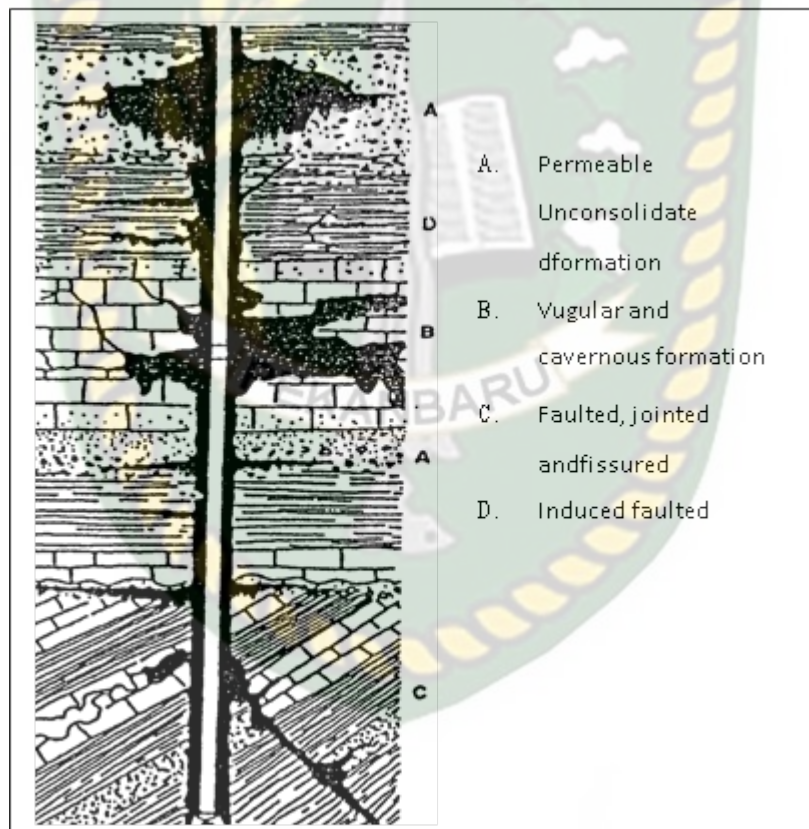
Formasi yang sering dijumpai pada *reef, gravel* dan juga gua-gua. Sehingga didapatkan ruang pori yang cukup besar sebagai tempat tersikulasinya fluida

pemboran. Biasanya pada formasi *limestone* ditemukan zona *cavernus* atau *vulgar* terjadi.

c. Fissures, Fractures, dan Faults

Pada formasi ini retakan yang terjadi didalam formasi secara alamiah atau disebabkan faktor mekanis seperti, *pressure surge* atau tekanan pada saat masuknya pahat, naiknya tekanan pompa yang lebih tinggi, lumpur yang terlalu berat dan juga terlalu tinggi nilai *gel strength*.

Jenis formasi yang menyebabkan hilang lumpur dikarenakan porositas dan permeabilitas yang besar dari formasi, adanya gua-gua dan rekahan pada formasi yang berbentuk horizontal maupun vertikal dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2.1 *Fissures, Fractures, dan Faults*

2.2.1.2 Jenis Tekanan

Menurut Rudi Rubiandini (2018), selain karena adanya formasi natural yang dapat menyebabkan *lost, lost circulation* dapat juga terjadi karena kesalahan yang dilakukan pada saat operasi pemboran yang berkaitan dengan tekanan, misalnya:

memasang *intermediate casing* pada tempat yang salah, mengangkat atau menurunkan pipa yang terlalu cepat, *pipe whipping*, *sloughing shale*, peningkatan tekanan pompa yang terlalu cepat, dan lumpur yang terlalu berat.

1. Tekanan Formasi

Menurut Anis Berry dkk (2009), tekanan formasi yaitu tekanan yang ditimbulkan akibat adanya fluida yang terperangkap didalam pori-pori batuan formasi. Tekanan formasi merupakan tekanan yang disebabkan oleh fluida didalam formasi. Tekanan formasi dapat dikatakan normal apabila gradien tekanan formasi berkisar 0.433 psi/ft sampai 0.465 psi/ft. Bila kurang dari itu maka tekanan formasinya subnormal dan bila tekanan diatas gradien tekanan normal maka formasinya abnormal.

2. Tekanan *Overburden*

Tekanan *overburden* adalah tekanan yang diderita oleh formasi akibat adanya gaya berat jenis batuan, yang merupakan kombinasi antara berat jenis fluida yang terkandung didalam pori-pori batuan diatasnya.

3. Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang terjadi akibat adanya pengaruh berat jenis fluida dalam suatu kolom, tekanan ini juga dapat dipengaruhi oleh ketinggian yang terdapat di dalam kolom Tekanan hidrostatik berfungsi untuk menahan tekanan formasi supaya fluida formasi tidak masuk kedalam lubang bor. Untuk itu tekanan hidrostatik harus lebih besar dari tekanan formasi. (Wahyuni, Wenny dan Lilik Hendrajaya. 2016)

4. Tekanan Rekah Formasi

Tekanan rekah formasi adalah tekanan dimana formasi mulai rekah. Apabila tekanan hidrostatik lumpur pemboran melewati atau melebihi tekanan rekah formasi, maka formasi akan rekah sehingga dapat menyebabkan *loss circulation*. Dilapangan tekanan rekah formasi dicari dengan melakukan *Leak Off Test*. (Wahyuni, Wenny dkk. 2018)

2.2.2 Mekanisme *Lost Circulation*

Lost circulation adalah peristiwa hilangnya lumpur pemboran melalui lubang bor ke formasi yang mempunyai porositas yang besar, gua-gua, rekahan dan

patahan. Hilang lumpur sering terjadi dan tidak bisa dihindari. Hilang lumpur ini dapat terjadi apabila tekanan hidrostatik lumpur melebihi tekanan formasi ($P_h > P_f$), sedangkan *mud cake* yang terbentuk tidak mampu untuk menahan berat lumpur (SG), sehingga lumpur mengalir kedalam formasi. Hilang lumpur di formasi dapat terjadi karena :

1. Tekanan hidrostatik lumpur yang menyebabkan formasi pecah ($P_h > P_f$), ini diakibatkan karena:
 - a. Densitas lumpur yang besar
 - b. Tekanan friksi annulus
 - c. Tekanan *surge*
 - d. *Shut in pressure*
 - e. Tekanan Formasi rendah
2. Rekahan Alami / Permeabilitas yang besar.
Tekanan *overbalance* lumpur ketika menembus formasi rekahan dan permeabilitas yang besar.
 - a. Formasi tidak kompak
 - b. Adanya rekahan dan patahan
 - c. Adanya gua-gua

2.2.3 Jenis-jenis Hilang Lumpur di Formasi

Tanda-tanda atau gejala terjadinya *lost circulation* akan berpengaruh langsung terhadap fluida pemboran (lumpur). Dalam hal ini akan terjadi selisih antara jumlah lumpur yang masuk kedalam formasi dengan keluar ke *pit gain*. Pada gejala *lost circulation* yang besar akan terdapat kemungkinan bahwa tidak ada lumpur yang kembali ke *pit gain*. Untuk gejala *lost circulation* yang berhubungan dengan pemboran diantaranya adalah laju pemboran seolah-olah tidak menemui hambatan dari formasi, sebab pemboran tidak menemui kemajuan didalam kedalamannya (pemboran statis). Jenis-jenis hilang lumpur berdasarkan dari jumlah lumpur yang hilang atau masuk ke formasi atau juga bisa berdasarkan dari jumlah lumpur yang kembali ke permukaan, yaitu

2.2.3.1 Seepage Loss

Seepage loss adalah hilang lumpur dalam jumlah yang relatif kecil, kurang dari 15 bbl/hr (<40 lpm) pada saat sirkulasi lumpur. Hilang lumpur ini berangsur-angsur dan tidak mengganggu operasi pemboran.

2.2.3.2 Partial loss

Partial loss adalah hilang lumpur dalam jumlah yang relatif besar, lebih dari 15 bbl/hr (>40 lpm). Hilang lumpur ini terjadi karena adanya porositas formasi yang besar atau terdapat rekahan.

2.2.3.3 Total loss

Total loss adalah hilang lumpur yang ditunjukkan dengan tidak adanya lumpur kembali dari lubang bor (tidak ada sirkulasi balik). Hilang lumpur ini karena adanya goa-goa, formasi pecah dan *pressure surge*.

2.2.4 Penanggulangan *Lost Circulation*

Cara penanggulangan *lost circulation* tergantung dari penyebab, sifat-sifat formasi dan lain sebagainya. *Lost circulation* dapat ditanggulangi dengan beberapa metode, yaitu:

2.2.4.1 Teknik Penyumbatan

Teknik ini dapat mengatasi terjadinya *lost circulation* dengan digunakan bahan penyumbatan. Untuk mencegah *lost circulation*, fluida pengeboran harus memiliki kandungan beberapa jenis komponen yang akan menyumbat lubang terbuka di batuan. Fluida yang digunakan untuk pemboran biasanya akan mencakup komponen yang bertindak sebagai *agent* penghubung di seluruh bukaan di formasi batuan. Jika dilihat secara fisik dapat menyumbat rekahan tersebut dengan masuk ke dalam lubang dan mencegah kerembesan lebih banyak. *Agent* ini sering disebut *Lost Circulation Materials*. *Lost circulation* material dibagi menjadi empat jenis, yaitu (Hamid, Abdul. 2017) :

- a. Bahan *Fibrous* (berserat). Bahan jenis ini pada umumnya bersifat relatif sedikit kaku dan mampu menghambat hilangnya sirkulasi dengan dipompa untuk dapat masuk kedalam rekahan dan menjembatininya yang memungkinkan filtrasi fluida pengeboran mengontrol *agent* untuk menjadi

lebih efektif. Apabila konsentrasi yang dikandung pada lumpur yang cukup besar dari material *fibrous*, selanjutnya dilakukan pemompaan kedalam lubang bor, maka akan terjadi kekuatan gesekan yang cukup besar yang berfungsi sebagai penahan aliran yang masuk kedalam formasi. Contoh bahan ini seperti kapas kasar, irisan batang tebu, serat rami, serat kayu, irisan ban mobil, *leather flock*, *fiber seal*, dan *chip seal*.

- b. Bahan *Flaky* (bersepih). Bahan jenis ini jika disirkulasikan ke lubang formasi akan terletak dengan posisi melintang lurus di seluruh muka formasi yang mengalami kebocoran, sehingga dapat menutup rekahan yang ada. Jika cukup kuat untuk menanggung tekanan lumpur, akan membentuk sebuah *filter cake* eksternal yang luas dan kompak. Apabila tidak cukup kuat, akan dipaksa masuk kedalam rekahan. Contoh bahan seperti irisan kertas kaca, serpihan mika (halus dan kasar), plastik laminasi, *vermiculite*, *kwik seal*, dan serpihan kayu
- c. Bahan *Granular* (berbutir). Bahan ini mempunyai kekuatan dan kekakuan, jika range ukuran yang digunakan tepat. Ukuran rekahan yang besar dapat disumbat dengan material jenis ini karena material *granular* lebih besar dibandingkan dengan jenis material lainnya. Contoh material *granular* seperti kulit kacang tanah, atau *vitriified*, *expanded shale particles* dan kulit kelapa sawit.
- d. *Slurries* (bubur). Merupakan campuran yang kekuatannya dapat meningkat jika telah ditempatkan dan termasuk semen hidrolik, campuran minyak-*bentonite*-lumpur, dan fluida pengeboran dengan filter *loss* tinggi umumnya dapat dilihat pada zona *loss* dan memungkinkan untuk mengeras dan memadat sehingga dapat menyumbat formasi yang bocor.

2.2.4.2 Teknik Penyemenan

Jika penanggulangan *lost circulation* tidak berhasil dengan menggunakan teknik penyumbatan, maka bisa dilakukan dengan teknik penyemenan. Teknik penyemenan ini bisa dilakukan pada semua zona yang terdapat permasalahan *lost circulation*. Teknik penyemenan untuk mengatasi *lost circulation* menggunakan prinsip kolom fluida, yaitu dengan cara (Budi, Kurniawan. 2015):

1. Menaikkan pahat dan menghitung *static mud level*
2. Meletakkan posisi *cementing sub* ke *drill pipe* dan menentukan jenis *slurry* semen yang cocok untuk zona yang terdapat *lost circulation*.
3. Menentukan dimana tempat *lost circulation*.
4. Lalu *drill pipe* dan *cementing sub* dimasukan kedalam lubang bor. *Cementing sub* tersebut diletakan kira-kira 50 ft di atas zona *lost circulation* dan bubuk semen dipompakan ke dalam annulus, kemudian ditunggu selama 5 menit dengan keadaan pompa mati.
5. Selanjutnya campuran semen yang tersisa tadi disirkulasikan pada kecepatan 10 lb/menit dengan volume lumpur secukupnya.

2.2.4.3 Blind Drilling

Blind drilling merupakan teknik pemboran yang dilakukan dengan mensirkulasikan *fresh water* melalui *drillstring*. Pada umumnya fluida mengangkat cutting masuk ke dalam zona *lost circulation*. *Blind drilling* sebenarnya berbahaya sekali dikarenakan *cutting* yang tidak dapat diangkat ke atas permukaan dapat menyebabkan terjepitnya pipa. Selain itu, tidak terangkatnya cutting di permukaan juga menyebabkan tidak bisa dilakukan *log sample* batuan. Kemudian pada saat zona *lost circulation* sudah dilalui, diperlukan pemasangan casing untuk terhindar dari terjadinya *lost circulation* yang lebih parah. Metode ini biasa dilakukan apabila sumur memiliki tekanan formasi yang normal, dan air yang dibutuhkan tersedia dalam jumlah banyak (Parulian, Rizki Ananda dkk. 2017)

2.2.4.4 Aerated Drilling

Aerated drilling adalah teknik pemboran yang *underbalanced*, dimana metode ini dilakukan dengan ditambahkan udara yang sudah terkompresi pada sistem fluida yang disirkulasikan (lumpur pemboran) yang berfungsi menurunkan densitas dari kolom fluida ada lubang annulus sehingga tekanan pada fluida pemboran akan seimbang dan tekanan fluida formasi yang ada dalam lubang annulus akan lebih kecil dibanding dengan tekanan formasi (Hilmy, Mohammad Egy & Abdul Hamid. 2015).

Keberhasilan penanggulangan *lost circulation* yang telah dilakukan ditandai dengan kembalinya semua lumpur kepermukaan, turunnya nilai *loss* sirkulasi pada lumpur terhenti, tertutupnya zona yang mengalami *lost circulation*, tekanan hidrostatik dan tekanan formasi yang kembali normal dan lainnya (Meirexa dkk. 2021). Setelah penanggulangan yang dilakukan berhasil, kegiatan pemboran dapat dilanjutkan kembali hingga menembus target formasi yang akan dicapai.

2.3 Analisis Lost Circulation

2.3.1 Analisis Penyebab Lost Circulation

Permasalahan *lost circulation* pada setiap operasi pemboran sangat menghambat proses penembusan formasi. Agar mengetahui penyebab dari terjadinya *lost circulation* pada sumur, maka dilakukan analisis terhadap *lost* yang terjadi. Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan Tekanan Hidrostatik (Ph). Tekanan Formasi (Pf), Tekanan Rekah Formasi (Pfrc), *Equivalent Circulating Density* (ECD), *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP) dan *Pressure surge* (Psurge) (Rosyidan, Cahya. 2015).

2.3.1.1 Penentuan Tekanan Formasi

Untuk menganalisa *total loss* pada suatu formasi, maka yang pertama kali dilakukan adalah menentukan tekanan formasi. Model Persamaan yang sering digunakan untuk menentukan tekanan formasi adalah Persamaan d-exponent. Apabila nilai dari d-exponent besar menunjukkan bahwa tekanan formasi kecil sehingga indikasi terjadinya *lost circulation*. Apabila nilai dari d-exponent kecil maka menunjukkan bahwa tekanan formasi besar sehingga indikasi terjadinya *well kick*.

Persamaan *d-exponent* adalah :

$$d = \frac{\log\left(\frac{R}{60N}\right)}{\log\left(\frac{12W}{1000db}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan untuk Persamaan d-exponent koreksi:

$$dc = d \frac{9}{MW} \dots\dots\dots(2)$$

Tekanan formasi dapat dihitung dengan Persamaan :

$$EMW = \frac{9d}{c} - 0.3 \dots\dots\dots(3)$$

Menghitung tekanan formasi pada kedalaman tertentu dapat menggunakan persamaan berikut.

$$Pf = 0.052 \times EMW \times D \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- W = *Weight On Bit*, klbs
- d_b = Bit diameter, inci
- MW = *Mud Weight*, ppg
- d = *d-exponent*, d-unit
- d_c = *d-exponent* koreksi, d-unit
- EMW = *Equivalent Mud Weight*, lb/gal
- D = Kedalaman tegak,ft
- R = *Rate Of Penetration*, ft/hr
- N = *Rotary Speed (RPM)*

2.3.1.2 Penentuan Tekanan Rekah Formasi

Setelah menentukan tekanan formasi, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tekanan rekah formasi tersebut. Menghitung tekanan rekah formasi pada kedalaman tertentu dapat menggunakan persamaan berikut.

Keterangan :

$$Pf = Gfr \times D \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- Pf = Tekanan pada formasi, psi
- Gf = Gradien tekanan formasi, psi/ft
- D = Kedalaman tegak, ft

2.3.1.3 Penentuan Tekanan Hidrostatik Lumpur

Setelah menentukan tekanan rekah formasi, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tekanan hidrostatik lumpur.

$$Ph = 0.052 \times MW \times D \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

P_h = Tekanan hidrostatik, psi

MW = *Mud weight*, ppg

D = Kedalaman, ft

2.3.1.4 Penentuan Bottom Hole Circulation Pressure

Langkah selanjutnya adalah menentukan *bottom hole circulating pressure* (BHCP). Besarnya dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$BHCP = P_{pompa} - (\Delta P_{dp \text{ Total}}) + P_h \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

BHCP = Tekanan sirkulasi, psi

P_{pompa} = Tekanan pompa, psi

$\Delta P_{dp \text{ Total}}$ = Total Kehilangan Tekanan di dalam drill string, psi

P_h = Tekanan Hidrostatik, psi

2.3.1.5 Penentuan Equivalent Circulating Density

Besarnya *Equivalent Circulating Density* (ECD) dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$ECD = \frac{BHCP}{0.052 \times TVD} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

ECD = *Equivalent Circulation Density* (ppg)

TVD = *True Vertical Depth* (ft)

2.3.2 Evaluasi Metode *Blind Drilling*

Metode *blind drilling* dapat dikatakan berhasil dan berjalan optimal dapat di evaluasi dari faktor hidrolis dan faktor mekanik.

2.3.2.1 Faktor Hidrolik

Parameter yang ada pada faktor hidrolik dapat mempengaruhi laju pemboran menjadi cepat ataupun lambat, selain itu parameter-parameter dari evaluasi faktor hidrolik juga dapat mengindikasikan potensi *pipe sticking*. Parameter pada faktor hidrolik adalah nilai tekanan hidrostatik (P_h) dan *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP).

2.3.2.1.1 Penentuan Tekanan Hidrostatik *Re-design*

Untuk menentukan tekanan hidrostatik *re-design* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$P_h = P_f + 200 \text{ psi} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

P_h = Tekanan Hidrostatik, psi

P_f = Tekanan Formasi, psi

2.3.2.1.2 Penentuan Densitas Lumpur *Re-design*

Untuk menentukan Tekanan Hidrostatik *Re-design* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$MW = \frac{P_h}{0.052 \times TVD} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

MW = *Mud Weight*, ppg

P_h = Tekanan Hidrostatik, psi

TVD = *True Vertical Depth*, ft

2.3.2.1.3 Penentuan *Bottom Hole Circulating Pressure (BHCP) Re-design*

Untuk menentukan *BHCP Re-design* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$BHCP \text{ re - design} = P_{rf} - 100 \text{ psi} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

$BHCP$ = *Bottom Hole Circulating Pressure*, psi

P_{rf} = Tekanan Rekah Formasi, psi

2.3.2.1.4 Penentuan *Equivalent Circulating Density (ECD) Re-design*

Untuk menentukan *ECD Re-design* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$ECD = \frac{(BHCP \text{ re - design})}{0.052 \times TVD} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

ECD = *Equivalent Circulating Density*, ppg

BHCP = *Bottom Hole Circulating Pressure*, psi

TVD = *True Vertical Depth*, ft

2.3.2.1.5 Penentuan Tekanan Pompa *Re-design*

Setelah menentukan BHCP *re-design* dan Ph *re-design*, maka selanjutnya menentukan tekanan pompa *re-design*. Menentukan tekanan pompa *re-design* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{pompa} = BHCP \text{ Re - design} - Ph_{Redesign} + P_{loss \text{ Drill string total}} \dots\dots(13)$$

Keterangan :

P_{pompa} = Tekanan Pompa, psi

BHCP = *Bottom Hole Circulating Pressure*, psi

Ph = Tekanan Hidrostatik, psi

2.3.2.2 Faktor Mekanik

Parameter-parameter faktor mekanik yang perlu di evaluasi antara lain: *rate of penetration* (ROP), RPM, *weight on bit* (WOB), dan torsi. Nilai *weight on bit* (WOB) mempengaruhi laju pemboran. Semakin besar nilai WOB maka akan semakin besar pula nilai ROP. Begitu pula dengan nilai RPM, semakin besar nilai RPM akan semakin besar nilai ROP-nya. Pemompaan lumpur berat pada saat *blind drilling* berlangsung dilakukan ketika terjadi penurunan ROP karena dengan adanya penurunan ROP merupakan gejala atau indikasi akan terjadinya pipa terjepit yang berarti terdapat tumpukan *cutting* yang tidak tersapu dengan baik.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian pada sumur “A-1” lapangan “K” menggunakan metode sekunder berupa pengumpulan data yang didapat dari *drilling report*. Langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tahap ini berasal dari sumur “A-1” di lapangan “K”. Data-data yang dibutuhkan antara lain: data lumpur (densitas, PV dan YP), data pemboran (data lubang bor, diameter dalam, diameter luar, dan panjang pipa), data *cutting* (jenis formasi dan lithology batuan), serta data pompa (tekanan pompa dan laju alir pompa).

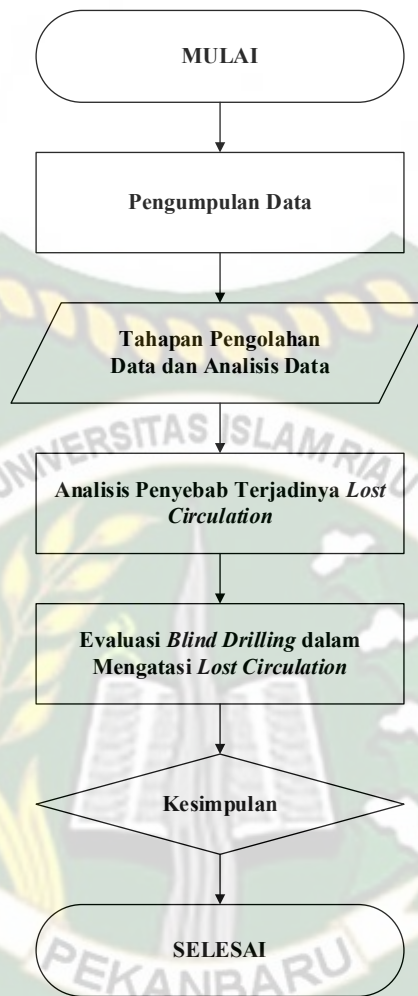
2. Tahap Pengolahan Data/Analisa Penyebab *Lost Circulation*

Tahap ini dilakukan setelah mengumpulkan data lapangan pada sumur “A-1” lapangan “K”. Pengolahan data yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

- a. Perhitungan *lost circulation* meliputi perhitungan tekanan formasi, tekanan rekah formasi, tekanan hidrostatik lumpur, BHCP, dan ECD sehingga dapat diketahui klasifikasi penyebab *total loss*.
- b. Analisa penanggulangan dengan metode *blind drilling*.
- c. Evaluasi faktor hidrolik berupa perhitungan tekanan hidrostatik *re- design* dan *bottom hole circulating pressure* (BHCP) *re-design*.
- d. Evaluasi faktor mekanik berupa analisa ROP, RPM, WOB, dan Torsi.

3.2 Diagram Penelitian

Metodologi yang diterapkan dalam proses penelitian ini digambarkan sebagai diagram alir, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah penelitian lapangan (*field research*). Penelitian dilakukan dengan mengangkat data sekunder yang diperoleh dari lapangan dan literature berupa tesis, jurnal dan sumber pustaka lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Dari data tersebut dapat dilakukan analisa penyebab terjadinya *lost circulation* sumur “A-1” lapangan “K”. Berdasarkan dari data yang diperoleh dari sumur “A-1” lapangan “K” dapat diuraikan sebagai berikut:

Well Name : A-1
 Well Field : K

Coordinates : Latitude 2°27'53.44" X: 642 439.98m
 Longitude 133°16'52.11" Y: 9 727 490.34m

Datum : WGS 1984, Zone 52 South, Central Meridian 1320

Elevation : 14.14 above sea level

RKB : 9.7m

Classification : Exploration

Total Depth : 4538.5 m MD

Objectivitas : Roabiba Sandstone and Daram Sandstone

Adapun data-data yang diperlukan ialah sebagai berikut :

1. Data Lumpur

Tabel 3.1 Tabel Data Lumpur

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	Densitas (ppg)	PV (cp)	YP (lb/100ft ²)
2191	7188	8.4	20	15
2193	7195	8.6	20	15
2356	7730	8.4	20	15
2446	8025	8.4	21	15
2472	8110	8.4	20	15
2589	8494	8.4	20	15
2631	8632	8.6	20	15

2. Data Pemboran

Tabel 3.2 Tabel Data Pemboran

Komponen	OD (inch)	ID (inch)	Length (ft)	Cum Length (ft)
12 1/4" Tricone Bit	12.2500		0.3000	
9 1/2" Xtreme motor, 0 deg AKO	9.5000	7.6000	8.8700	9.1700
String Stabilizer	9.5000	2.2500	2.1600	11.3300
Bottom Stop Sub	9.5000	3.0000	0.7900	12.1200
Copilot	9.5000	3.0000	2.2900	14.4100
OTK	9.5000	3.0000	5.4400	19.8500
Mod Stab	9.5000	3.0000	1.7900	21.6400
BCPM	9.5000	3.0000	3.6700	25.3100
Top Stop Sub	9.5000	3.0000	0.7500	26.0600
String Stabilizer	9.5000	3.8125	2.1400	28.2000

8"DC (3x)	9.5000	3.0000	28.3800	56.5800
X/O	8.0000	3.8125	1.1500	57.7300
8"DC (3x)	8.0000	3.8125	28.4000	86.1300
Jar	8.0000	3.8125	9.4000	95.5300
8"DC(1x)	8.0000	3.8125	9.4600	104.9900
X/O	8.0000	3.8125	1.2000	106.1900
Sub X/O	6.7500	3.0000	169.1800	275.3700

3. Data Cutting

Tabel 3.3 Tabel Data Cutting

Geologic Age	Formation Top	Lithology
<i>Pliocene - Quaternary</i>	Upper Steenkool	<i>Discontinous chanellized sands, shales & coals</i>
	Middle Steenkool	<i>Generally continuous higher reflectivity sands & shales</i>
	Lower Steenkool	<i>Generally continuous low reflectivity shales, sands</i>
<i>Middle – late Miocene</i>	Kais	<i>Limestones especially chalky mudstones, wackestones, marls, with some calcarenites and shell beds</i>
<i>Eocene – Oligocene</i>	Faumai	<i>Limestones and dolomites with minor claystones with zones of major cavern development</i>
<i>Late Palaeocene to early Eocene</i>	Waripi	<i>White and grey limestones, oolites and dolomites, grading into grey-green claystones</i>
<i>Paleocene</i>	Daram	<i>Interbedded red-brown claystones and calcareous sandstones, fine-medium grained sandstones and some white limestones</i>
<i>Upper Cretaceous mainly Coniacian to Maastrichtian</i>	Jass	<i>Grey-red claystones, marls and limestones and arkosic sandstones</i>
<i>Late Jurassic (Kimmeridgian)</i>	Sebyar	<i>Light grey claystone and marls, minor sandstone and limestone passing up into dark grey shales with glauconite</i>

<i>Late Jurassic (late Oxfordian)</i>	Ayot	<i>Grey limestone, microcrystalline to chalky, marly</i>
<i>Middle - late Jurassic (Callovian - Oxfordian)</i>	Vorwata	<i>Upper Member – Grey marl and sandstone, limestones and claystones, glauconite common Lower Member – Dark grey claystone, minor silt and sand, carbonaceous material and pyrite</i>
<i>Middle Jurassic (Bajocian possibly some Callovian)</i>	Roabiba	<i>Near shore marine sandstone. Light grey to off-white quartz sandstones</i>

4. Data Pompa

Tabel 3.4 Tabel Data Pompa

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	Ppompa (psi)	Laju Alir (GPM)
2191	7188	2637	808
2193	7195	2643	813
2356	7730	2581	836
2446	8025	2639	834
2472	8110	2671	838
2589	8494	2650	831
2631	8632	2077	735

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lapangan sumur “A-1” lapangan “K” yang terletak di Teluk Bintuni, Provinsi Papua Barat, Indonesia. Lapangan “K” merupakan lapangan eksplorasi yang dioperasikan oleh perusahaan asing sejak tahun 2008 yang memiliki 10 sumur. Lapangan “K” secara geologis berada di dalam cekungan Bintuni dengan luas cekungan $\pm 30.000 \text{ km}^2$. Cekungan Bintuni terbentuk saat Tersier Akhir yang mengalami perkembangan selama Plio-Pleistosen bersamaan dengan pengangkatan pegunungan Lipatan Lengguru (Lengguru Foldbelt) di sebelah timur dan Tinggian Kemum sebelah utara. Cekungan Bintuni secara umum berada di daerah Kepala Burung yang merupakan daerah dengan kondisi geologi yang sangat kompleks. Secara regional Pulau

Papua dipengaruhi oleh dua aktivitas tektonik besar yang saling bertumbukan secara serentak sampai sekarang.

3.5 Jadwal Penelitian

Pada tabel dibawah ini menjelaskan mengenai jadwal kegiatan yang dilakukan selama penelitian.

Tabel 3.5 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	2021		2022			
		Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
1	Studi Literatur						
2	Pembuatan Proposal						
3	Pengumpulan Data						
4	Pengolahan Data dan Analisis Data						
5	Pembahasan dan Hasil						
6	Penyusunan Laporan Tugas Akhir						

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Sumur “A-1” Lapangan “K” yang dioperasikan oleh perusahaan asing sejak tahun 2008. Terletak di Teluk Bintuni, Provinsi Papua Barat, Indonesia. Pemboran Sumur “A-1” Lapangan “K” merupakan pemboran vertical yang ur bertujuan untuk eksplorasi gas dari reservoir yang dilakukan pemboran dengan kedalaman sampai 4538.5 m. Masalah yang dijumpai pada pemboran Sumur “A-1” Lapangan “K” ini yaitu terjadinya *loss circulation* yang terjadi pada trayek 12¼” saat menembus Formasi Kais dan Faumai. Formasi Kais dan Faumai ini merupakan formasi yang didominasi batuan *limestone*.

4.1 Pelaksanaan Pemboran dan Kronologi Terjadinya *Lost Circulation*

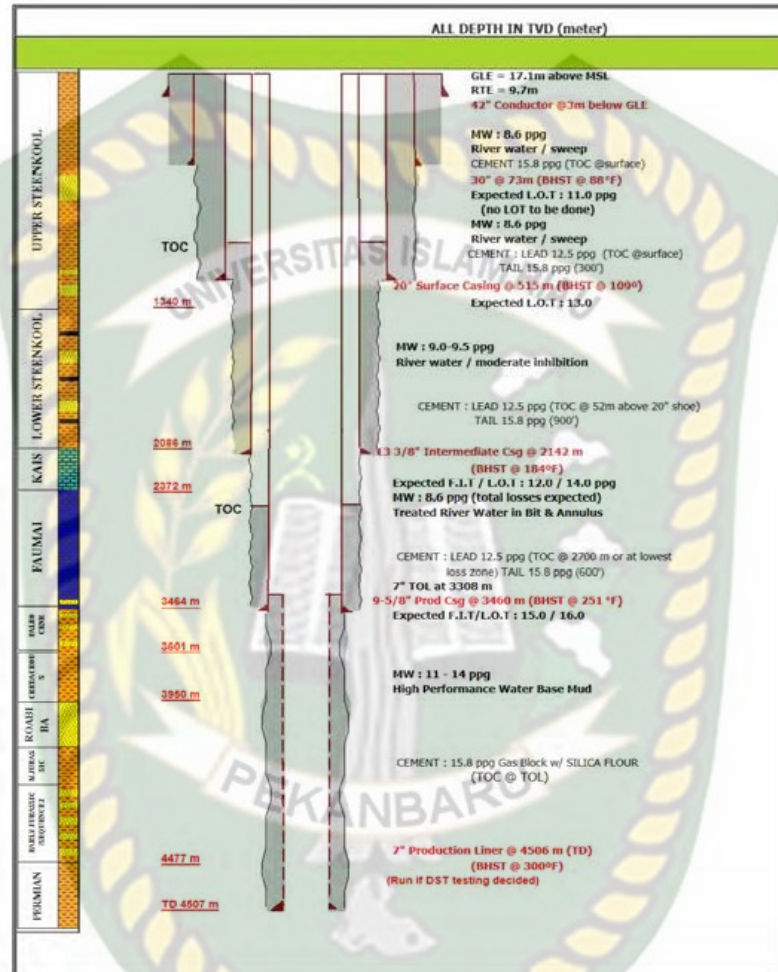
Pemboran dilakukan dengan menggunakan 5 trayek yaitu trayek 36”, trayek 26”, trayek 17 ½”, trayek 12 ¼” dan trayek 8 ½”. Pada trayek 36” menggunakan *conductor casing* dengan interval kedalaman ±0-73 m, trayek 26” menggunakan *surface casing* dengan interval kedalaman 515-2104 m, trayek 17½” menggunakan *intermediate casing* dengan interval kedalaman 515-2104 m, trayek 12 ¼” juga menggunakan *intermediate casing* dengan interval 2104-3494 m dan trayek 8 ½” menggunakan *production casing* interval kedalaman 3494-4507 m. Formasi yang menjadi target pemboran berada pada Formasi Roabiba yang terdiri dari batuan *sandstone*. Sebelum mencapai Formasi Roabiba, Sumur “A-1” Lapangan “K” menembus beberapa formasi yang berada di atasnya. Formasi-formasi tersebut adalah Formasi Upper Steenkool, Formasi Middle Steenkool, Formasi Lower Steenkool, Formasi Kais, Formasi Faumai, Formasi Waripi, Formasi Daram, Formasi Jass, Formasi Sebyar, Formasi Ayot dan Formasi Vorwata.

Tabel 4.1 Trayek dan Susunan Casing pada Sumur “A-1” Lapangan “K”

Trayek	Casing
Trayek 36”	42” : 3,0 m below cellar base
Trayek 26”	30” : 64,0 below GE (73 m RT)
Trayek 17 ½”	20” : 515.0 m
Trayek 12 ¼”	13¾” : 2142.0 m

Trayek 8 ½”.

9 5/8” : 3460.0 m
 7” Liner : at TD (max 4506.0 m)
 (1.52.0 m overlap)



Gambar 4.1 Skematik Sumur “A-1” Lapangan “K”

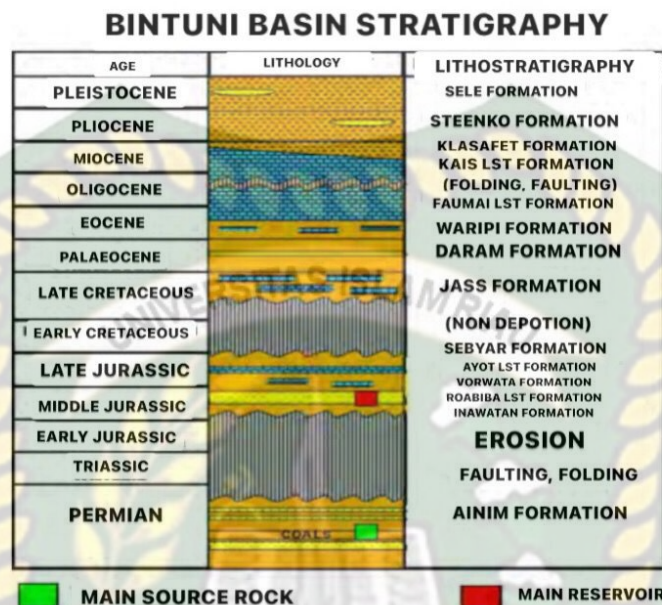
Pada pelaksanaan pemboran Sumur “A-1” Lapangan “K” saat menembus Formasi Faumai pada trayek 12 ¼” terjadi permasalahan *lost circulation* yaitu *total loss*. Lithologi batumannya berupa batu *limestone*, dimana lapisan batu *limestone* pada formasi ini bukan merupakan target lapisan, sehingga tidak bertindak sebagai lapisan reservoir minyak dan gas pada pengeboran Sumur “A-1” Lapangan “K”.

Pada saat operasi pemboran berlangsung pada kedalaman 2193 m hingga 2356 m mulai terjadi hilang sirkulasi dengan *dynamic loss* sebesar 14 bph dan *statis loss* sebesar 3-5 bph. Dilakukan LCM 40 bbls 30ppb nut plug Fine dan 10 ppb CaCO₃ untuk mengatasi *loss circulation* yang terjadi. Saat dilakukan *flow check* masih terjadi hilang sirkulasi yang terjadi pada kedalaman 2356 m hingga 2446 m dengan *dynamic loss* sebesar 35-104 bph, kemudian pada kedalaman 2446 m hingga 2472 m juga mengalami hilang sirkulasi dengan *dynamic loss* sebesar 50 bph dan juga pada kedalaman 2472 m hingga 2589 hilang sirkulasi dengan *dynamic loss* sebesar 5-17 bph. Namun, pada saat menembus kedalaman 2631 baru terjadi *total loss*, tercatat *dynamic loss* sebesar 50-105 bph. Lalu diputuskan untuk melanjutkan operasi pengeboran dengan menggunakan metode *blind drilling* untuk trayek 12¼” dari kedalaman 2631 m sampai 2736 m dengan menggunakan 800 gpm air sungai 8.4 ppg melalui *drill string* dan 250 gpm melalui annulus dengan *sweep out* 25 bbls HiVis pada setiap sambungan.

Tabel 4.2 Interval Kedalaman Hilang Lumpur pada Sumur “A-1” Lapangan “K”

Interval Kedalaman (TVD) m	Besar <i>Loss</i> (Bph)		Jenis <i>Loss</i>
	Dinamis	Statis	
2193-2356	14	3-5	Partial
2356-2446	35-104	-	Partial
2446-2472	50	-	Partial
2472-2589	5-17	-	Partial
2631	50-105	-	Total

4.2 Analisa Penyebab *Lost Circulation* Pada Sumur “A-1” Lapangan “K”



Gambar 4.2 *Bintuni Basin Stratigraphy*

Adapun formasi terdapat formasi yang harus diperlakukan khusus yaitu Formasi Kais dan Faumai. Formasi Kais dan Faumai adalah formasi yang tersusun dari batuan *limestone* yang terjadi permasalahan *lost circulation* yang berlangsung selama menembus formasi tersebut. Menurut Rasyid Aly, *limestone* merupakan formasi gua-gua (*carvenous formation*) tempat terjadinya *lost circulation* karena memiliki permeabilitas dan porositas yang besar sehingga dapat menyebabkan terjadinya masalah hilang lumpur.

Pada saat pemboran sumur “A-1” Lapangan “K” menembus Formasi Faumai ditemukan permasalahan *lost circulation*. Agar mengetahui penyebab terjadinya permasalahan *lost circulation* pada sumur “A-1” lapangan “K” perlu dilakukan perhitungan dan analisa untuk dapat menanggulangi *lost circulation* yang terjadi. Perhitungan yang dilakukan meliputi: perhitungan tekanan formasi, perhitungan tekanan hidrostatik, perhitungan rekah formasi, perhitungan *Equivalent Circulating Density* (ECD) dan *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP). Dari perhitungan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui penyebab dari terjadinya

total loss pada sumur “A-1” lapangan “K”, apakah dikarenakan *nature fracture* atau karena *induced fracture*.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan untuk menentukan penyebab terjadinya *lost circulation* yaitu dengan membandingkan nilai tekanan hidrostatik, tekanan formasi, tekanan rekah formasi, dan *Bottom Hole Circulating Density* (BHCP). Apabila tekanan formasi (P_f) < *Bottom Hole Circulating Density* (BHCP) < tekanan rekah formasi (P_{rf}), maka hilang sirkulasi disebabkan oleh *natural fracture*, sedangkan apabila tekanan formasi (P_f) < tekanan rekah formasi (P_{rf}) < *Bottom Hole Circulating Density* (BHCP), maka hilang sirkulasi disebabkan oleh *induced fracture*.

4.2.1 Perhitungan Tekanan Formasi dan Tekanan Rekah Formasi

Analisis perhitungan tekanan formasi dan tekanan rekah formasi meliputi: penentuan nilai *d-exponent*, penentuan nilai *d-exponent correction*, penentuan nilai EMW, baru memperoleh nilai dari tekanan formasi. Kemudian untuk memperoleh nilai dari tekanan rekah formasi menentukan terlebih dahulu nilai dari gradient formasi dan gradient tekan formasi. Berikut tabel hasil perhitungan tekanan formasi dan tekanan rekah formasi dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tekanan Formasi dan Tekanan Rekah Formasi

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	DC EXP	DCORR	EMW (ppg)	Pf (psi)	Gf (psi/ft)	Gfr (psi/ft)	Prf (psi)
2191	7188	1.78	1.91	8.1	3027.721	0.42	0.61	4414.59
2193	7195	1.59	1.68	8.2	3067.898	0.43	0.62	4443.56
2356	7730	1.56	1.63	8.3	3336.121	0.43	0.62	4800.63
2446	8025	1.59	1.67	8.3	3463.562	0.43	0.62	4984.02
2472	8110	1.43	1.49	8.3	3500.378	0.43	0.62	5037.00
2589	8494	1.48	1.55	8.3	3666.051	0.43	0.62	5275.40
2631	8632	1.43	1.49	8.3	3725.571	0.43	0.62	5361.05

4.2.2 Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur Saat *Loss*

Tekanan hidrostatik didapatkan dari pengaruh densitas, kedalaman sumur bor dan faktor gravitasi. Hal ini mempunyai tujuan agar lumpur yang disirkulasikan dapat memberikan tekanan, sehingga akan menahan tekanan fluida formasi agar

kedua tekanan tersebut dapat seimbang. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan tekanan hidrostatik menggunakan persamaan (6).

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tekanan Hidrostatik.

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	MW (ppg)	Ph (psi)	Pf (psi)
2191	7188	8.4	3139.86	3027.721
2193	7195	8.5	3180.14	3067.898
2356	7730	8.6	3456.70	3336.121
2446	8025	8.6	3588.75	3463.562
2472	8110	8.6	3626.90	3500.378
2589	8494	8.6	3798.56	3666.051
2631	8632	8.6	3860.23	3725.571

Dari hasil perhitungan tekanan hidrostatik pada kedalaman 2191 m adalah 3139.86 psi dengan nilai tekanan formasi 3027.721 psi, pada kedalaman 2193 m adalah 3180.14 psi dengan nilai tekanan formasi 3067.898 psi, pada kedalaman 2356 m adalah 3456.70 psi dengan nilai tekanan formasi 3336.121 psi, pada kedalaman 2446 m adalah 3588.75 psi dengan nilai tekanan formasi 3463.562 psi, pada kedalaman 2472 m adalah 3626.90 psi dengan nilai tekanan formasi 3500.378 psi, pada kedalaman 2589 m adalah 3798.56 psi dengan nilai tekanan formasi 3666.051 psi dan pada kedalaman 2631 m adalah 3860.23 psi dengan nilai tekanan formasi 3725.571 psi. Dapat dilihat bahwa nilai tekanan hidrostatik lebih besar dibanding dengan nilai tekanan formasi pada masing-masing kedalaman yang menunjukkan penyebab terjadinya *lost circulation* (Nita, L. yu, 2020)

4.2.3 Perhitungan *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP) dan *Equivalent Circulating Density* (ECD)

Densitas lumpur saat sirkulasi atau *Equivalent Circulating Density* (ECD) dan tekanan lumpur saat sirkulasi atau *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP) dicari untuk mengetahui penyebab *loss circulation* yang terjadi apakah terjadi akibat tekanan hidrostatik lumpur atau karena adanya rekahan. Menentukan terlebih dahulu kecepatan aliran lumpur dan kecepatan aliran kritis pemboran pada *drill string*, diperoleh nilai tekanan kehilangan total pada *drill string*. Kemudian baru diperoleh nilai *Bottom Hole Pressure* (BHCP) dan nilai

Equivalent Circulating Density (ECD). Berikut hasil perhitungan *Bottom Hole Circulating Pressurre* (BHCP) dan *Equivalent Circulating Density* (ECD) dengan menggunakan persamaan (7) dan (8).

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *Bottom Hole Circulating Pressurre* (BHCP) dan *Equivalent Circulating Density* (ECD).

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	dP (psi)	Ppompa (psi)	BHCP (psi)	ECD (ppg)
2191	7188	70.6397	2637	5706.219	15.26573
2193	7195	72.7739	2643	5750.364	15.3698
2356	7730	75.0842	2581	5962.619	14.83452
2446	8025	74.6767	2639	6153.074	14.74509
2472	8110	75.4063	2671	6222.491	14.7546
2589	8494	74.2816	2650	6374.278	14.43147
2631	8632	59.6256	2077	5877.605	13.0944

Setelah dilakukan perhitungan diberbagai titik kedalaman, di ambil 7 sampel titik kedalaman dan dijadikan tabel. Berikut merupakan tabel rangkuman hasil perhitungan.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Ph, Pf, Prf, BHCP dan ECD

DEPTH (m)	DEPTH (ft)	Ph (psi)	Pf (psi)	Prf (psi)	BHCP (psi)	ECD (ppg)
2191	7188	3139.8584	3027.72057	4414.587	5706.2	15.27
2193	7195	3180.1379	3067.89774	4443.559	5750.4	15.37
2356	7730	3456.7035	3336.12084	4800.634	5962.6	14.83
2446	8025	3588.7508	3463.56179	4984.019	6153.1	14.75
2472	8110	3626.8978	3500.37806	5036.998	6222.5	14.75
2589	8494	3798.5592	3666.0513	5275.399	6374.3	14.43
2631	8632	3860.2304	3725.5712	5361.047	5877.6	13.09

Berdasarkan hasil perhitungan berupa tabel diatas, dapat diketahui bahwa *total loss* terjadi pada kedalaman 2631 m TVD yang ditandai dengan tidak adanya fluida pemboran (lumpur pemboran) yang keluar ke permukaan (MWO/mud weight out = 0). Dari hasil perhitungan dianalisis bahwa tekanan formasi berada dibawah tekanan rekah formasi dan nilai tekanan rekah formasi

berada dibawah nilai *Bottom Hole Circulating Density* yang dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya *lost circulation* terjadi diakibatkan oleh *induced fracture* yaitu rekahan akibat kesalahan pengeboran yang disebabkan *Bottom Hole Circulating Pressure* melebihi tekanan rekah formasi (Asmarani. F. dkk, 2017).

4.3 Penanggulangan *Lost Circulation* Pada Sumur “A-1” Lapangan “K”

Lost circulation merupakan hilangnya suatu fluida pada saat proses pemboran. Selama pemboran berlangsung fluida dapat hilang sebagian atau seluruhnya yang masuk kedalam formasi. Apabila *loss* tidak dapat dikontrol atau tidak mampu ditanggulangi, akan menyebabkan turunnya ketinggian kolom fluida pemboran yang apabila ketinggian kolom turun terlalu jauh hingga tekanan hidrostatik kolom fluida pemboran lebih kecil dari tekanan formasi dapat menyebabkan terjadinya *kick* dan *blowout* (Setiawan, Josef Bima, 2021).

Penanggulangan *total loss* pada Sumur “A-1” Lapangan “K” dengan memompakan LCM namun tidak berhasil menutup zona *loss*, sehingga dilakukan metode *blind drilling* dengan tujuan agar tidak terjadi permasalahan baru pada saat pemboran. Metode *blind drilling* sangat berbahaya karena *cutting* yang tidak terangkat ke permukaan dapat menyebabkan *pipe sticking* atau tejepitnya pipa pemboran. Oleh karena itu agar mengetahui apakah sudah optimal metode *blind drilling* dalam menanggulangi permasalahan *lost circulation* dilakukan evaluasi faktor hidrolik dan faktor mekanik agar tidak menyebabkan *pipe sticking*. Faktor hidrolik yang harus diatur adalah tekanan hidrostatik (Ph) dan bottom hole circulating pressure (BHCP), sedangkan faktor mekanik yaitu ROP, WOB, RPM, dan Torsi (Abimanyu, D. 2020).

4.3.1 Evaluasi Faktor Hidrolik

Pada evaluasi faktor hidrolik, parameter yang diharus diatur adalah tekanan hidrostatik (Ph) dan *bottom hole circulating pressure* karena mempengaruhi laju pemboran menjadi cepat ataupun lambat, selain itu parameter-parameter dari evaluasi faktor hidrolik juga dapat mengindikasikan potensi *pipe sticking*. Nilai tekanan hidrostatik (Ph) tidak boleh terlalu besar karena akan mengakibatkan permasalahan lain pada pemboran seperti *pipe sticking*. Apabila nilai tekanan

hidrostatik (Ph) jauh diatas tekanan formasi (Pf) maka akan menyebabkan *different pressure sticking*. Perbandingan antara tekanan hidrostatik lumpur dengan tekanan formasi harus sesuai dengan batas toleransi yang diijinkan yaitu dengan *safety factor* sebesar 2-10% atau 100-200 psi. Nilai tekanan hidrostatik (Ph) dikatakan wajar apabila selisih antara tekanan hidrostatik (Ph) dan tekanan formasi (Pf) aktual maupun *re-design* tidak melebihi 200 psi sehingga masih dalam batas wajar dan tidak mengindikasi terjadi *different pressure sticking* (Pangestu, Abi Nugraha. 2019).

Nilai dari *bottom hole circulating pressure* (BHCP) juga merupakan parameter dari faktor hidrolik yang mempengaruhi laju pemboran. Nilai BHCP yang besar akan mempercepat laju pemboran karena pembersihan *cutting* di dasar lubang bor baik atau bersih. Sebaliknya sebaliknya jika nilai BHCP terlalu kecil akan memperlambat laju pemboran karena pembersihan *cutting* di dasar lubang bor kurang baik atau tidak bersih (Abimanyu, D. 2020).

Berikut merupakan tabel faktor hidrolik berupa hasil perhitungan *re-design*. Setelah dilakukan perhitungan diberbagai titik kedalaman, di ambil 7 sampel titik kedalaman. Tabel hasil perhitungan *re-design* berisi tentang perhitungan: tekanan hidrostatik (Ph) *re-design*, *mud weight* (MW) *re-design*, *bottom hole pressure* (BHCP) *re-design*, tekanan pompa *re-design*, dan *equivalent circulating density* (ECD) *re-design* dengan menggunakan persamaan (9), (10), (11), (12), dan (13)

Tabel 4.7 Faktor Hidrolik

DEPTH (m)	Pf aktual	Re Design				
		Ph	MW	BHCP	ECD	Ppompa
2191	3027.721	3227.72	8.64	4314.59	11.54	1157.51
2193	3067.898	3267.90	8.73	4343.56	11.61	1148.43
2356	3336.121	3536.12	8.80	4700.63	11.69	1239.60
2446	3463.562	3663.56	8.78	4884.02	11.70	1295.13
2472	3500.378	3700.38	8.77	4937.00	11.71	1311.03
2589	3666.051	3866.05	8.75	5175.40	11.72	1383.63
2631	3725.571	3925.57	8.75	5261.05	11.72	1395.10

Berdasarkan perbandingan nilai Pf aktual dan Ph *re-design* pada setiap kedalaman dikatakan wajar, karena tekanan formasi aktual dan tekanan hidrostatik memiliki selisih tidak melebihi 200 psi pada setiap kedalaman. Apabila nilai

tekanan hidrostatik (Ph) jauh diatas tekanan formasi (Pf) maka akan menyebabkan *different pressure sticking* (Pangestu, Abi Nugraha. 2019).

Sedangkan berikut merupakan tabel perbandingan hasil perhitungan aktual dan *re-design*. Setelah dilakukan perhitungan diberbagai titik kedalaman, di ambil 7 sampel titik kedalaman dan berisi tentang perhitungan: tekanan hidrostatik (Ph) aktual dan *re-design*, *bottomhole circulating pressure* (BHCP) aktual dan *re-design*, tekanan pompa aktual dan *re-design* serta *mud weight* (MW) aktual dan *Re-design*.

Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Perhitungan Aktual dan *Re-Design*.

DEPTH (m)	Aktual				Re Design			
	Ph (psi)	MW (ppg)	BHCP (psi)	Ppompa (psi)	Ph (psi)	MW (ppg)	BHCP (psi)	Ppompa (psi)
2191	3139.9	8.4	5706.22	2637	3227.72	8.64	4314.59	1157.51
2193	3180.1	8.5	5750.36	2643	3267.90	8.73	4343.56	1148.43
2356	3456.7	8.6	5962.62	2581	3536.12	8.80	4700.63	1239.60
2446	3588.8	8.6	6153.07	2639	3663.56	8.78	4884.02	1295.13
2472	3626.9	8.6	6222.49	2671	3700.38	8.77	4937.00	1311.03
2589	3798.6	8.6	6374.28	2650	3866.05	8.75	5175.40	1383.63
2631	3860.2	8.6	5877.6	2077	3925.57	8.75	5261.05	1395.10

Perbandingan nilai aktual dengan nilai *re-design* untuk *mud weight* pada zona *total loss* adalah 8.6 ppg dan 8.75 ppg. Nilai yang semakin besar ini menunjukkan bahwa operasi pemboran berjalan dengan aman dan dapat membersihkan dasar lubang bor dengan baik. Perbandingan nilai aktual dengan nilai *re-design* untuk tekanan pompa pada zona *total loss* adalah 2077 psi dan 1395.10 psi. Nilai yang semakin kecil ini menunjukkan bahwa operasi pemboran berjalan dengan aman dan cutting dapat tersapu dengan baik dengan tidak memerlukan tekanan pompa yang terlalu besar. Pada perbandingan nilai aktual dengan nilai *re-design bottom hole circulating pressure* pada zona *total loss* adalah 5877.6 psi dan 5261.05 psi. Nilai yang semakin kecil ini menunjukkan bahwa operasi pemboran dapat mengindikasikan terjadinya *pipe sticking* sehingga hidrolika perlu dinaikkan. (Pangestu, Abi Nugraha. 2019).

4.3.2 Evaluasi Faktor Mekanik

Pada evaluasi faktor mekanik parameter-parameter faktor mekanik yang perlu di perhatikan antara lain: *rate of penetration* (ROP), RPM, *weight on bit* (WOB), dan torsi. Besarnya nilai *weight on bit* (WOB) mempengaruhi laju pemboran. Semakin besar nilai WOB maka akan semakin besar pula nilai ROP. Begitu pula dengan nilai RPM, semakin besar nilai RPM akan semakin besar nilai ROP-nya (Alexandri, A. 2016). Pemompaan lumpur berat pada saat *blind drilling* berlangsung dilakukan ketika terjadi penurunan ROP karena dengan adanya penurunan ROP merupakan indikasi akan terjadinya pipa terjepit yang berarti terdapat tumpukan *cutting* yang tidak tersapu dengan baik. Dengan demikian perlu dilakukan spot lumpur berat agar *cutting* dapat tersapu dan masuk ke dalam zona loss sehingga tidak menimbulkan problem pipa terjepit dan pemboran dapat beroperasi dengan optimal, Selain ROP yang menurun, indikasi terjadinya pipa terjepit adalah menaiknya torsi pada saat pemboran berlangsung oleh sebab itu, harus dilakukan pemantauan terhadap parameter torsi (Efendi, Ramadana Muhammad.2017).

Berikut merupakan tabel Parameter Faktor Mekanik meliputi ROP, RPM, WOB, dan Torsi yang diambil dari 10 titik sampel kedalaman.

Tabel 4. 9 Parameter Faktor Mekanik

Depth (m)	ROP (m/hr)	RPM	WOB (klbs)	Torque (kftlb)
2190	2.86	100	43.2	4.885
2193	6.07	185	19.1	3.101
2736	6.03	212	15.3	6.908
2921	5.50	206	9	6.21
2929	7.16	191	8.5	6.941
3050	3.32	169	9.4	5.947
3233	3.91	132	20.7	8.58
3485	2.00	113	4.9	7.451
3534	9.02	154	11.6	10.029
3577	4.03	126	10.1	9.001

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap parameter mekanik menghasilkan data WOB maksimum 43.2 klbs, WOB minimum 4.9 klbs, WOB rata-rata 15.18 klbs, RPM maksimum 212 rpm, RPM minimum 100 rpm, RPM rata-rata 158,8 rpm, ROP maksimum 9.02 m/hr, ROP minimum 2,00 m/hr, ROP rata-rata 4.99 m/hr, Torsi maksimum 10.029 kftlb, Torsi minimum 3.101 kftlb, dan Torsi rata-rata 6.9053 kftlb.

Dilakukan evaluasi pada interval kedalaman pertama yaitu pada 2190-2193 TVD, terlihat nilai ROP naik dari 2.86 m/hr sampai 6.07 m/hr dan nilai torsi turun dari 4.885 kftlb sampai 3.101 kftlb. Interval kedalaman kedua yaitu pada 2736-2921 mTVD, terlihat nilai ROP turun dari 6.03/hr sampai 5.50/hr dan nilai torsi turun dari 6.908 kftlb sampai 6.21 kftlb. Interval kedalaman ketiga yaitu pada 2929-3050 mTVD, terlihat nilai ROP turun dari 7.16 m/hr sampai 3.32 m/hr dan nilai torsi turun dari 6.941 kftlb sampai 5.947 kftlb. Interval kedalaman keempat yaitu pada 3233-3485 mTVD, terlihat nilai ROP turun dari 3.91 m/hr sampai 2.00 m/hr dan nilai torsi turun dari 8.58 kftlb sampai 7.451 kftlb. Interval kedalaman kelima yaitu pada 3534-3577 mTVD, terlihat nilai ROP turun dari 9.02 m/hr sampai 4.03 m/hr dan nilai torsi turun dari 10.029 kftlb sampai 9.001 kftlb. Pada kelima interval kedalaman tersebut, pada interval kedalaman pertama terlihat nilai ROP yang menaik dan nilai torsi yang menurun ini menunjukkan bahwa pada interval kedalaman pertama tidak terindikasi terjadinya pipa terjepit dan *cutting* dapat tersapu dengan baik. Namun pada interval kedalaman selanjutnya menunjukkan bahwa ada gejala atau indikasi terjadinya pipa terjepit dikarenakan dari nilai ROP yang menurun. Nilai ROP yang naik turun terjadi akibat adanya penumpukan serbuk bor (Pangestu, Abi Nugraha. 2019).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Evaluasi *Blind Drilling* Untuk Mengatasi *Lost Circulation* Pada Trayek Intermediate 12¼” Sumur “A-1” Lapangan “K” maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan dari analisis yang dilakukan, *lost circulation* yang terjadi pada sumur “A-1” Lapangan “K” diakibatkan oleh *induced fracture* yaitu rekahan akibat kesalahan pengeboran yang disebabkan *bottom hole circulating pressure* melebihi tekanan rekah formasi.
2. Evaluasi *blind drilling* faktor hidrolik dengan membandingkan nilai Pf aktual dan Ph *re-design* memiliki selisih tidak melebihi 200 psi pada setiap kedalaman menunjukkan bahwa operasi pemboran tidak mengindikasikan terjadinya *pipe sticking*, namun apabila membandingkan nilai aktual dengan nilai *re-design bottom hole circulating pressure* (BHCP) pada zona *total loss* yang memiliki nilai semakin kecil menunjukkan bahwa operasi pemboran dapat mengindikasikan terjadinya *pipe sticking*. Berdasarkan faktor mekanik, semakin besar nilai WOB maka akan semakin besar pula nilai ROP. Begitu pula dengan nilai RPM, semakin besar nilai RPM akan semakin besar nilai ROP-nya. Jika dilihat dari nilai torsi yang menurun menunjukkan bahwa tidak terindikasi terjadinya pipa terjepit, akan tetapi gejala atau indikasi terjadinya pipa terjepit disebabkan dari nilai ROP yang menurun.

5.2 Saran

Diharapkan pada peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian evaluasi penanggulangan *lost circulation* dengan metode yang lebih terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, D. (2020). Evaluasi Masalah Hilang Lumpur Dan Penanganannya Pada Pemboran Sumur “Dng-8” Lapangan “ABM” PT Pertamina Hulu Energi ONWJ (*Doctoral Dissertation, Universitas Pembangunan Nasional" Veteran" Yogyakarta*).
- Alexandri, A. (2016). Perencanaan *Rate of Penetration* Pada Operasi Pemboran. *Swara Patra*, 6(2).
- Asmarani, F., Hamid, A., & Satiawati, L. (2017). *Farisah Asmarani , Abdul Hamid, Dan Listiana Satiawati. VI(3)*, 99–106.
- Aulia, F., Keswani, A. Q., Fadly, A., Permana, I. K. A. ., Sari, R., Ageng, G., Miftah, A., & Harwidyarso, D. (2018). Penanganan *Loss* Dalam Operasi *Drilling* Pada Formasi Karbonat (Eq. Kujung) Pada Lapangan X. *Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.25105/Pdk.V3i1.2476>
- Bayu, Satyawira; Cahaya, Rosyidan; Dan Dio, R. (2015). Evaluasi Penggunaan Material Dan Program Lumpur Pemboran Pada Sumur “DR” Lapangan CC PT Pertamina EP. *Seminar Nasional Cendekiawan, L*, 343–346.
- Bhakti Haryanto Atmojo, Mulia Ginting, P. S. (2015). Evaluasi Masalah Kehilangan Lumpur Pada Sumur “X-1” Di Lapangan Pangkalan Susu PT. Pertamina EP-Asset 1. 112–119.
- Efendi, R. M. (2017). Evaluasi Problem Pipa Terjepit Dengan Pendekatan Teoritis Dan Laboratoris Pada Pemboran Sumur RME-X1 Trayek 9½” Lapangan Panasbumi RME (*Doctoral Dissertation, UPN" VETERAN" YOGYAKARTA*).
- Bumi, L., & Pstream, B. (2015). Evaluasi Penggunaan Aerated Drilling pada sumur dindra Lapangan panas Bumi Bpa-08pt.Pertamina Upstream Technologycenter. 292–296.
- Ferron, D. (Chevron), & Smiley, B. (Chevron). (2014). *Revised 2014 / DSG Drilling Specialties Company a division of Chevron Phillips Chemical Company LP Main Office : 832-813-1866 Customer Service : 800-423-3985 Technical Service : 800-221-1956*. 1–82.
- Hamid, A. (2016). *Petro Sudah Di Index Oleh Google Scholar Dan Ipi DAFTAR ISI. V*.
- Hamid, A. (2018). Penggunaan Fibroseal Dan Caco3 Untuk Mengatasi Masalah Lost Circulation Pada Sistem Lumpur Kcl Polymer. *Petro*, 7(2), 43–46. <https://doi.org/10.25105/Petro.V7i2.3675>
- Hamid, A. (2018). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Lost Circulation Material (LCM) Dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6(1), 12-20

- Kurniawan, B. (2015). Evaluasi Dan Penanggulangan Loss Sirkulasi Pada Pemboran Sumur Panas Bumi “ B-1 ” Lapangan “ K ” Skripsi Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran ” Yogyakarta.
- Meirexa, A., Hamid, A., & Yasmaniar, G. (2021). *Evaluasi Penanggulangan Hilangnya Sirkulasi Lumpur Pada Sumur Chu-14 Lapangan Chu-D / 6*. *X(2)*, 66–70.
- Nakasa, M. A. (2015). Evaluasi Penanggulangan Lost Circulation Pada Sumur M-1 Dan M-2 Lapangan X Phe Wmo. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 252–258.
- Nita, L. yu. (2020). Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Loss Circulation Material Pada Lumpur Pemboran Panas Bumi. *Kurvatek*, 5(2), 41–46. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v5i2.1605>
- Novrianti, N., Musnal, A., & Ramadhan, F. (2018). Analisis Lost Circulation Pemompaan Gravel Slurry Pada Sumur X Berdasarkan Waktu Tunggu. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 5(2).
- Novrianti, N., & Umar, M. (2015). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir. *Journal of Earth Energy Engineering*, 4(2), 15–28. <https://doi.org/10.22549/jeee.v4i2.635>
- Pangestu, A. N. (2019). Evaluasi *Blind Drilling* Untuk Mengatasi *Total Loss Problem* Pada Trayek Intermediate 17 ½" Sumur “Alb” Lapangan “PGST” (*Doctoral dissertation*, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta).
- Parulian, R. A., Hamid, A. &, & Rosyidan, C. (2017). Penanggulangan Lost Circulation Dengan Menggunakan Metode Under Balanced Drilling Pada Sumur Y , Blok Z Oleh : *Jurnal Petro □ Oktober , Th , 2017. VI(3)*, 107–115.
- Rahmad, Teguh. (2018). Analisis Penggunaan Additif LCM Untuk Menanggulangi *Lost Circulation* Pada Lapangan TAF Sumur DC-011 Dan DC-012. Skripsi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.
- Rasyid, A. (N.D.). Analisa Properties Fluida Pemboran Dan Lithologi Formasi Terjadinya Lost Circulation Pada Sumur “ E ” Di Lapangan “ Lpp .”
- Rosyidan, C., Marshall, I., & Hamid, A. (2015). Evaluasi Hilang Sirkulasi Pada Sumur M Lapangan B Akibat Beda Besar Tekanan Hidrostatik Lumpur Dengan Tekanan Dasar Lubang Sumur. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, IV, 13–18.
- Satiyawira, B., & Imanurdana, G. (2019). Evaluasi Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Dan Penanggulangannya Pada Pemboran Sumur-Sumur Lapangan Minyak “X.” *Petro*, 7(4), 152. <https://doi.org/10.25105/Petro.V7i4.4283>

- Satiyawira, B., Rosyidan, C., & Pramadika, H. (2018). Evaluasi Hidrolika Lumpur Pemboran Pada Sumur X1 Lapangan X Supaya Ekonomis. *Petro*, 6(1). <https://doi.org/10.25105/Petro.V6i1.2498>
- Setiawan, J. B. (2021). Analisis Penggunaan *Lost Circulation Material* (LCM) Dalam Mengatasi Kehilangan Lumpur Dan *Kick* Dari Tiga Sumur Pada Lapangan Gas JBS, Jawa Timur. *Kocenin Serial Konferensi (E)* ISSN: 2746-7112, 2(1), 2-6.
- Sidi, P. (2020). Material Hilang Sirkulasi Berbahan Dasar Serat. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi Migas Zoom*, 2(1), 19–26. <https://doi.org/10.37525/mz/2020-1/248>
- Syah, A. M., Kasmungin, S., & Hamid, A. (2018). Analisis Pemilihan Polimer Untuk Mengatasi Lost Circulation. *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, 9–14.
- Wahyuni, W.-, -, M.-, -, M.-, & Syah, K. (2018). Analisis Loss Circulation Pada Proses Drilling Menggunakan Diagram Mohr-Coulomb Studi Kasus: Sumur X Bob Pt. Bumi Siak Pusako. *Inovtek Polbeng*, 8(1), 127. <https://doi.org/10.35314/Ip.V8i1.361>
- Yanti, W., Fattahanisa, A., Yasmaniar, G., Febri, S., & Maulana, I. (2007). *Team Majalah Petro Majalah Jurusan Teknik Perminyakan*.