

SKRIPSI

**EVALUASI LUMPUR PEMBORAN DI ZONA LOSS
SIRKULASIPADA PEMBORAN GEOTHERMAL
SUMUR X LAPANGAN Y**



DISUSUN OLEH:

WAHID AJI PANGESTU TANJUNG

NPM 153210576

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Wahid Aji Pangestu Tanjung
Npm : 153210576
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Evaluasi Lumpur Pengeboran di Zona Loss Sirkulasi
pada Pemboran Geothermal SumurX Lapangan Y

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 : Idham khalid S.T., M.T
Penguji I : Dr.Eng Adi Novriansyah.,S.T.,M.T
Penguji II : Richa Melysha,S.T., M.T

()
()
()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 24 Juni 2022

Disahkan oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


NOVIA RITA, S.T., M.T

**DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**


Idham Khalid,S.T.,M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya 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 24 Juni 2022

Wahid Aji Pangestu Tanjung
NPM: 153210576

KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya ucapkan kepada Allah Subhannahu wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-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 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama kuliah. Tanpa bantuan mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Idham Khalid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibuk Novia Rita S.T., M.T dan sekretaris program studi Bapak Tomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Bapak Idham Khalid S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalankan perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Terima kasih kepada segenap dosen Teknik Perminyakan dan seluruh staff akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan kepada saya hingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Terima kasih kepada Sri Etika Putri S.E yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan moral.
6. Kedua orang tua Bapak Asion Tanjung dan Sri Utami dan keluarga besar saya yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil hingga saat ini.

7. Terimakasih kepada teman-teman yang telah banyak membantu dalam penelitian unuk menyusun skripsi ini.
8. Terima kasih kepada seluruh teman-teman Teknik Perminyakan 2015 terkhusus, yang telah memberi dukungan dan semangat kepada saya.
9. Terima kasih kepada pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Demikian ucapan terima kasih yang bisa saya sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan skripsi. Saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat penulis harapkan untuk mencapai hasil laporan yang jauh lebih baik dan bermanfaat. Saya berharap bahwa skripsi ini bermanfaat bagi banyak orang.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN	ix
DAFTAR SIMBOL.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATAS MASALAH.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. PENGEBORAN PANAS BUMI.....	4
2.2 LOST CIRCULATION	4
• <i>Untuk menghitung tekanan lumpur menggunakan persamaan :</i>	5
• <i>Untuk Menghitung Kecepatan Aliran Lumpur</i>	6
• <i>Kecepatan Aliran di Annulus</i>	6
• <i>Kecepatan Aliran Kritis (VC).....</i>	7
<i>Kecepatan kritis di drill pipe.....</i>	7
2.1.2. Faktor Formasi	11
1. Formasi Dengan Permeabilitas Yang Tinggi	11
2. Vugs Formation	11
3. Formasi Yang Memiliki Rekah Alami.....	12
2.1.3. Faktor Hidrolik Lumpur Pemboran.....	12
2.3 BLIND DRILLING	13
2.4 LCM (Lost Circulation Material)	13

2.5 STATE OF THE ART	14
BAB III	17
METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 URAIAN METODE PENELITIAN	17
3.2 ALUR PENELITIAN.....	18
3.4 TEMPAT PENELITIAN	19
3.5 JADWAL PENELITIAN	19
BAB IV.....	20
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Kronologi Terjadinya <i>Problem Loss</i> Sirkulasi Pada Sumur X	21
4.2. PERHITUNGAN	27
4.3. Kecepatan Aliran Lumpur	30
4.4. Kecepatan aliran di Annulus	31
4.5. Kecepatan Aliran Kritis (VC)	32
4.6. Friction Pressure Loss.....	34
4.7. Kehilangan Tekanan Pada Sistem Aliran	34
4.8. Kehilangan Tekanan Pada Annulus	35
4.9. Kecepatan Aliran Lumpur	36
5.0. Kecepatan Aliran di Annulus	37
5.1. Kecepatan Aliran Kritis (VC)	38
BAB V	48
KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis jenis formasi	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data yang diperlukan.....	26
Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian	28

DAFTAR SINGKATAN

Ph	Tekanan hidrostatik (psi)
MW	Berat jenis lumpur (ppg)
Gov	1 (psi)
Pf	Tekanan formasi (psi)
D	Kedalaman (ft)
p	densitas fluida (ppg)
Q	laju sirkulasi (gpm)
A	luas nozzle (in ²)
gc	konstanta gravitasi
v	kecepatan fluida (fps)
Do	diameter dalam teluar annulus (in)
Di	diameter luar pipa bagian dalam annulus
VDp	Kecepatan aliran di <i>drill pipe</i>
VDc	Kecepatan aliran di <i>drill collar</i>
VcDp	Kecepatan aliran kritis di <i>drill pipe</i>
VcDc	Kecepatan aliran kritis di <i>drill collar</i>
dP	kehilangan tekanan pada <i>drill pipe/drill string</i> (psi)
μ	viskositas (cp)
f	<i>funning friction factor</i>
L	panjang pipa (ft)
Cd	<i>Coefisien of Discharge</i>
Vc	Kecepatan aliran kritis (fps)
V	Kecepatan rata-rata fluida (fps)
Q	Laju alir volumetric (gpm)
μ _p	Viskositas plastik (cp)
τ _y	<i>Yield point</i> (lb/100 ft ²)
ρ	Densitas lumpur (ppg)
D	Diameter lubang bor (in)
Do	Diameter luar pipa (in)

d_i	Diameter dalam pipa (in)
ρ_s	Densitas cutting (lb/gal)
d_s	Diameter cutting rata-rata (in)
N_{re}	bilangan Reynold (tidak berdimensi)

DAFTAR SIMBOL

LCM	<i>Lost Circulation Material</i>
Gf	Gradien tekanan
SH	<i>Sledge hummer</i>
gc	konstanta gravitasi
Gf	Gradien tekanan

**WAHID AJI PANGESTU TANJUNG
153210576**

ABSTRAK

Ketika melakukan proses pengeboran akan banyak kemungkinan terjadinya kerusakan dan terbentuknya rekahan secara alami pada setiap formasi. *Lost circulation* pada saat pengeboran dapat ditandai dengan berkurangnya *pump pressure*, berkurangnya aliran lumpur yang kembali kepermukaan, berkurangnya volume lumpur pada tangki dan meningkatnya aliran lumpur di *flowline* yang mana akan menghambat proses pengeboran dan memakan biaya lebih. Dalam suatu industri minyak dan panas bumi sangat diperlukan sirkulasi lumpur yang baik dalam kegiatan pemboran. *Lost circulation* merupakan salah satu masalah saat pemboran yaitu hilangnya sebagian atau seluruh lumpur pemboran kedalam formasi yang sedang dibor, sehingga pengangkatan *cutting* kepermukaan tidak efektif akibat sirkulasi lumpur yang tidak sempurna. Zona loss sirkulasi merupakan masalah pemboran yang dapat menghambat operasi pemboran mencapai total kedalaman namun dilain sisi zona loss sirkulasi merupakan daerah prospek reservoir sehingga harus tetap dijaga agar tidak rusak. Pada pemboran sumur *geothermal* saat menembus loss sirkulasi merupakan salah satu masalah pemboran tetapi tidak boleh dilakukan penyumbatan dengan *lost circulation material* (LCM) atau penyemenan karena dapat merusak reservoir melainkan dengan melakukan *blind drilling*. Masalah-masalah yang dapat timbul karena kesalahan penggunaan lumpur pemboran misalkan terjadinya pipa terjepit, pengembangan lempung, hilang sirkulasi, dan dapat menimbulkan terjadinya semburan liar. Evaluasi ini dilakukan untuk pencegahan terjadinya *lost circulation* dan upaya penangana kehilangan lumpur pada saat melakukan pemboran.

Kata kunci : *zona loss, loss sirkulasi, sumur geothermal, blind drilling, LCM.*

WAHID AJI PANGESTU TANJUNG
153210576

ABSTRACT

When carrying out the drilling process there will be many possibilities for damage and the formation of natural fractures in each formation. Lost circulation during drilling can be characterized by reduced pump pressure, reduced flow of mud back to the surface, reduced volume of mud in the tank and increased mud flow in the flowline which will hamper the drilling process and cost more. In an oil and geothermal industry, good mud circulation is needed in drilling activities. Lost circulation is one of the problems during drilling, namely the loss of part or all of the drilling mud into the formation being drilled, so that the removal of cuttings to the surface is not effective due to imperfect mud circulation. The circulation loss zone is a drilling problem that can hinder drilling operations from reaching the total depth, but on the other hand the circulation loss zone is a reservoir prospect area so it must be maintained so as not to be damaged. In drilling geothermal wells when penetrating circulation loss is one of the drilling problems, but blockages with lost circulation material (LCM) or cementing should not be carried out because they can damage the reservoir but by doing blind drilling. Problems that can arise due to incorrect use of drilling mud are for example the occurrence of pinched pipes, clay expansion, loss of circulation, and can lead to wild outbursts. This evaluation is carried out to prevent lost circulation and to manage mud loss during drilling.

Keywords: *loss zone, circulation loss, geothermal well, blind drilling, LCM.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Lost circulation terjadi karena sebagian atau seluruh sirkulasi lumpur pemboran yang masuk ke dalam formasi yang sedang dibor sehingga sirkulasi lumpur pemboran tidak sempurna (Kurniawan, 2015). Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *lost circulation* yaitu faktor formasi dan faktor hidrolis. Faktor formasi seperti *coarsely permeable formation*, *cavernous formation* dan *fractured formation*, sedangkan faktor hidrolis tekanan, fungsi lumpur, sifat-sifat fisik dan jenis lumpur pemboran.

Sumur X lapangan Y pada kedalaman yang di tentukan terdapat zona *lost circulation*, adapun untuk mengetahui keberhasilan lumpur yang di desain dengan menggunakan metode *blind drilling* harapannya agar tetap menjaga zona loss reservoir yang merupakan zona yang produktif agar tidak rusak kemudian melakukan spot *Hi-Vis* untuk membersihkan *cutting* yang menumpuk dan mencegah terjadinya pipa pemboran terjepit, untuk menanggulangi *lost circulation* ada beberapa metode yang di gunakan yaitu: menggunakan metode LCM (*lost cieculation material*), teknik penyemenan, *blid drilling*, *aerateddrilling* (Josef Bima Setiawan, 2021).

Penyebab terjadinya hilang lumpur seperti: lithologi batuan hilang lumpur karena porositas dan permeabilitas yang besar dari formasi tersebut, juga karena adanya rongga-rongga (biasanya pada batuan gamping) dan rekahan serta patahan pada formasi. Hal ini yang menyebabkan *partial loss*. Dan apabila tekanan lumpur saat sirkulasi lebih besar dari pada rekahan formasi sehingga terjadi pecahnya formasi, halinilah yang menyebabkan terjadinya *total loss* (Parulian et al., 2017).

Masalah pemboran panas bumi saat menembus zona reservoir loss sirkulasi adalah lumpur pemboran hilang ke dalam zona loss kemudian serbuk pemboran menumpuk di *drill collar* akibat sirkulasi yang tidak sempurna sehingga dapat mengakibatkan rangkaian pipa pemboran terjepit, maka proses pemboran terhambat dan biaya meningkat. Penyebab terjadinya masalah hilang lumpur yang

timbul pada operasi pemboran panas bumi disebabkan oleh lemahnya tekanan formasi dan adanya *natural fracture* (rekah alami) pada zona reservoir. Sehingga perlu dilakukan penanggulangan dengan melakukan *blind drilling*, agar tetap menjaga zona loss reservoir yang merupakan zona yang produktif agar tidak rusak kemudian melakukan spot *Hi-Vis* untuk membersihkan *cutting* yang menumpuk dan mencegah terjadinya pipa pemboran terjepit (Frijani Fajri AL Lail, 2015).

Lumpur pemboran sangat berpengaruh dalam mengidentifikasi loss sirkulasi, peran lumpur pemboran berhubungan dengan densitas lumpur pemboran yang digunakan dan tekanan pompa yang diperlukan untuk sirkulasi *cutting* kepermukaan. Sehingga didapat tekanan hidrostatis yang kemudian dibandingkan dengan tekanan formasinya dan tekanan hidrodinamis yang dibandingkan dengan tekanan rekah formasinya agar dapat mengidentifikasi jenis loss sirkulasi yang terjadi (Rosyidan et al., 2015).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis penyebab permasalahan loss sirkulasi pada pemboran *geothermal* sumur X lapangan Y.
2. Mengevaluasi penanggulangan penyebab permasalahan *lost circulation* pada pemboran *geothermal* sumur X lapangan Y.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan dapat memberikan sebagaimanfaat yaitu:

1. Untuk mengatasi masalah *lost circulation* dengan menggunakan metode *blind drilling* dan *lost circulation material*.
2. Dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *lost circulation* dan upaya pencegahan *lost circulation*.

3. Sebagai acuan bagi mahasiswa/mahasiswi dalam penelitian khususnya tentang *lost circulation*.

1.4 BATAS MASALAH

Agar mendapatkan hasil penelitian yang tidak keluar dari tujuan penelitian dan lebih terarah, maka dalam penelitian ini ditentukan batasan masalah, meliputi:

1. Hanya membahas analisis penyebab permasalahan *lost circulation* pada pemboran geothermal sumur X lapangan Y dan mengevaluasi penanggulangan penyebab permasalahan *lost circulation* pada pemboran geothermal sumur X lapangan Y.
2. Penelitian yang dilakukan mengikuti kondisi sumur panas bumi lapangan X sumur X

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Alhamdulillah kita telah diberi kesempatan oleh Allah SWT Untuk menjalanin kehidupan di bumi ini dengan segala rahmat dan nikmat rezeki-Nya yang telah tersedia, yang dimana telah diciptakannya langit dan bumi sebagai mana Allah SWT telah berfirman dalam QS. Saad ayat:27 yang artinya:”*Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah, yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir maka celakalah orang-orang kafir itu,karena mereka akan masuk neraka*”. Dan Dimana pada Firman Allah dalam Surah Al-A’raf ayat 56 “*Dan jangan lah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan).Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*”. (Q.S. Al.-A’raf [7]:56).

2.1. PENGEBORAN PANAS BUMI

Energi panas bumi adalah suatu energi yang telah terbukti bisa di perbaharui dan dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama, dimana energi panas bumi ini terkandung dibawah permukaan bumi yang terakumulasi di dalam rekah bantuan dan di fluida (Saptadji, 2016). Di Indonesia, energi panas bumi belum terlalu di manfaatkan dengan baik padahal terdapat potensial pembangkit listrik sebesar 28100MW (Melysa & Fitrianti, 2017). Salah satu nya tantangan yang terdapat dalam pengeboran panas bumi yaitu tekanan *reservoir*. Pada saat tekanan formasi jauh lebih kecil dibandingkan tekanan hidrostatis dari lumpur yang digunakan menyebabkan formasi pecah dan fluida pemboran akan hilang dan masuk keformasi (Hamid, 2018).

2.2 LOST CIRCULATION

Lost circulation adalah peristiwa hilangnya sebagian atau seluruh sirkulasi lumpur pemboran masuk kedalam formasi yang sedang dibor sehingga sirkulasi

lumpur pemboran tidak sempurna. Hilangnya lumpur ini dapat mengakibatkan *kick* karena berkurangnya tekanan formasi. Hilangnya lumpur dapat terjadi pada formasi yang mempunyai permeabilitas yang tinggi, formasi yang bergoa-goa dan formasi yang mempunyai rekah alami (Sapti, 2019). Hilang lumpur juga dapat terjadi akibat *induced pressure* hilang lumpur akibat tekanan *surge* saat break sirkulasi atau penambahan tekanan secara mendadak terhadap formasi sehingga merekahkan formasi (Mohamad Egy Hilmy, 2015). Kerugian akibat terjadinya hilang lumpur ini, yaitu hilangnya lumpur pemboran kedalam formasi mengakibatkan tekanan hidrostatik berkurang sehingga mengakibatkan *kick*, yaitu masuknya fluida formasi kedalam lubang sumur yang bertekanan lebih rendah, selain itu pengangkatan *cutting* tidak efektif dan tidak mendapatkan serbuk bor untuk sampel log, sehingga tidak terjadi pengangkatan *cutting* yang baik mengakibatkan penumpukan *cutting* didasar lubang bor dan mengakibatkan pipa terjepit (Dn et al., 2005). Hilang lumpur merupakan salah satu masalah yang paling banyak menghabiskan biaya karena *non- productive rig time* (Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, 2016).

- **Untuk menghitung tekanan lumpur menggunakan persamaan :**

$$Pf1 = Gf \times Depth$$

$$Pf 2 = Gf \times Depth$$

Keterangan:

Pf = Tekanan formasi

(psi) Gf = Gradien tekanan

(psi/ft)D = Kedalaman (ft)

Nilai besarnya p_h dengan menggunakan densitas lumpur pemboran terhadap Pf dan nilai tekanan rekahan formasi dengan asumsi tidak lebih dari gradient tekanan sebesar 1 psi/ft adalah :

$$Ph 1 = 0,052 \times$$

$$MW \times Depth$$

$$Ph 2 = 0,052 \times MW \times Depth$$

$$Pf 1 = Gov \times Depth$$

$$Pf_2 = Gov \times Depth$$

Keterangan:

Ph = Tekanan hidrostatik (psi)

MW = Berat jenis lumpur (ppg)

D = Kedalaman (ft)

Gov = 1 (psi)

Pf = Tekanan formasi (psi)

- **Untuk Menghitung Kecepatan Aliran Lumpur**

Kecepatan aliran di *drill pipe*

$$VDp = \frac{Q}{2,448di^2}$$

Kecepatan aliran di *drill collar*

$$VDc = \frac{Q}{2,448di^2}$$

Kecepatan aliran di BHA

$$VBHA = \frac{Q}{2,448di^2}$$

Kecepatan aliran di *Sledge hammer*

$$VSH = \frac{Q}{2,448di^2}$$

- **Kecepatan Aliran di Annulus**

Untuk annulus *drill pipe* dan lubang bor

$$Van - Dp = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

Untuk annulus antara BHA dan lubang bor

$$Van - BHA = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

Untuk annulus antara *Sledge hammer* dan lubang bor

$$Van - SH = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

Untuk annulus antara *drill pipe* dan liner 10^{3/4}

$$Van (Dp - Cs) = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

Keterangan :

V = Keterangan aliran fluida (*feet per second*)

Q = Laju alir volumetric (gpm)

D = Diameter lubang (in)

Di = Diameter dalam pipa (in)

do = Diameter luar pipa (in)

- **Kecepatan Aliran Kritis (VC)**

Kecepatan kritis di *drill pipe*

$$VcDp = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34di^2 c y p)^{0,5}}{d i p}$$

Kecepatan kritis di *drill collar*

$$VcDc = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34di^2 c y p)^{0,5}}{d i p}$$

Kecepatan kritis di BHA

$$VcBHA = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34di^2 c y p)^{0,5}}{d i p}$$

Kecepatan kritis di *sledge hammer*

$$VcSH = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34di^2 c y p)^{0,5}}{d i p}$$

- Kecepatan kritis di annulus

Untuk annulus antara lubang bor dan *drill pipe*

$$Vc(an - Dp) = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34(D - do)^2 c y p)^{0,5}}{(D - do)^2 p}$$

Untuk annulus antara lubang bor dan *drill collar*

$$Vc(an - Dc) = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34(D - do)^2 c y p)^{0,5}}{(D - do)^2 p}$$

Untuk annulus antara lubang bor dan BHA

$$Vc(an - BHA) = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34(D - do)^2 c y p)^{0,5}}{(D - do)^2 p}$$

Untuk annulus antara lubang bor dan *Sledge hammer*

$$Vc(an - SH) = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34(D-do)^2 c y p)^{0,5}}{(D-do)^2 p}$$

Untuk annulus antara lubang bor dan liner 10 ³/₄

$$Vc(an - Dp) = \frac{1,078\mu p + 1,078 (\mu p^2 + 12,34(D-do)^2 c y p)^{0,5}}{(D-do)^2 p}$$

Keterangan :

Vc = Kecepatan aliran kritis (fps)

V = Kecepatan rata-rata fluida (fps)

Q = Laju alir volumetric (gpm)

- **Friction Pressure Lost**

Untuk aliran trubulen *friction pressure lost* di *drill pipe*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu P}$$

Untuk menghitung factor *friction lost* menggunakan persamaan

$$f = \frac{16}{Nre}$$

Untuk aliran trubulen *friction pressure lost* di *drill collar* menggunakan persamaan:

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu P}$$

Untuk aliran trubulen *friction pressure loss* di BHA

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu P}$$

Untuk aliran trubulen *friction pressure loss* di *Sledge hammer*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu P}$$

Keterangan :

Nre = bilangan *Reynold* (tidak berdimensi)

ρ = densitas lumpur (gr/cm²)

V = kecepatan aliran fluida (*feet per second*)

μ = viskositas (cp)

D = diameter lubang (in)

Di = diameter dalam pipa (in)

- **Kehilangan Tekanan Pada Sistem Aliran**

Kehilangan tekanan di *drill pipe* menggunakan persamaan

$$dPDp = \frac{fLpV^2}{25,8 D}$$

Kehilangan tekanan di *drill collar*

$$dPDc = \frac{fLpV^2}{25,8 D}$$

Kehilangan tekanan di BHA

$$dPBHA = \frac{fLpV^2}{25,8 D}$$

Kehilangan tekanan di *Sledge hammer*

$$dPSh = \frac{fLpV^2}{25,8 D}$$

Keterangan :

dP = Kehilangan tekanan pada *drill pipe/string* (psi)

Dc = *Drill collar*

SH = *Sledge hammer*

F = *fanning friction factor* (psi)

L = Panjang pipa (ft)

ρ = Densitas fluida (ppg)

V = Kecepatan fluida (ppg)

D = Diameter dalam pipa (in)

- **Kehilangan Tekanan Pada Annulus**

Untuk annulus antara lubang bor dan *drill pipe* menggunakan persamaan:

$$dPan (D - Dp) = \frac{fLpV^2}{25,8 (D - Dp)}$$

Untuk annulus antara lubang bor dengan *drill collar* menggunakan persamaan:

$$dPan (D - Dc) = \frac{fLpV^2}{25,8 (D - Dc)}$$

Untuk annulus antara lubang bor dengan *BHA* menggunakan persamaan:

$$dPan (D - BHA) = \frac{fLpV^2}{25,8 (D - Dp)}$$

Untuk annulus antara lubang bor dengan *Sledge hammer* menggunakan persamaan:

$$dPan (D-SH) = \frac{fLpV^2}{25,8 (D-Do)}$$

Untuk annulus antara *liner* 10 ³/₄ dengan *drill pipe* menggunakan persamaan:

$$dPan (D-SH) = \frac{fLpV^2}{25,8 (Di-Do)}$$

Untuk kehilangan tekanan pada bit menggunakan persamaan

$$dPbit = \frac{pQ^2}{2gc Cd^2 A^2}$$

Untuk menghitung total kehilangan tekanan = Psc + Pdp + Pdc + Pbha + Psh + Pbit + Pann

Keterangan :

dP = kehilangan tekanan pada *drill pipe/drill string* (psi)

p = densitas fluida (ppg)

Q = laju sirkulasi (gpm)

A = luas nozzle (in²)

gc = konstanta gravitasi

v = kecepatan fluida (fps)

Do = diameter dalam teluar annulus (in)

Di = diameter luar pipa bagian dalam annulus (in)

f = *funning friction factor*

L = panjang pipa (ft)

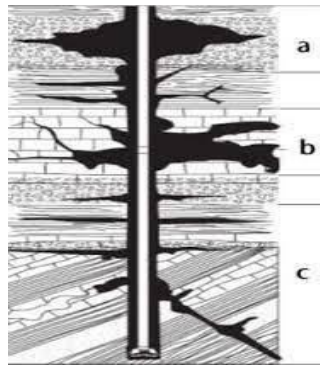
Cd = *Coefisien of Discharge*

Penyebab *lost circulation* adalah adanya celah terbuka yang cukup besar di dalam lubang bor, yang memungkinkan lumpur untuk mengalir kedalam formasi, dantekanan di dalam lubang lebih besar dari tekanan formasi. Celah tersebut dapat terjadi secara alami yang dalam formasi yang *cavernous, fracture, fissure, unconsolidate*, atau tekanan di dalam lubang bor yang terlalu besar (Sapti, 2019).

2.1.1. Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi *Lost Circulation*

Faktor-faktor yang menyebabkan *lost circulation* dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor formasi dan faktor hidrolis. Faktor formasi dapat

meliputi homogen, *coarsely permeable formation* dan *fractured formation*, sedangkan faktor hidrolik dapat meliputi tekanan, fungsi lumpur sifat-sifat fisik dan jenis dari lumpur pemboran yang berkaitan dengan terjadinya masalah hilang lumpur (Nakasa, 2015).



Gambar 2.1 Jenis-jenis formasi

2.1.2. Faktor Formasi

Ditinjau dari jenis formasinya, maka hilang lumpur dapat terjadi pada formasi dengan permeabilitas yang tinggi, formasi yang bergoa-goa dan formasi yang memiliki rekahan alami

1. Formasi Dengan Permeabilitas Yang Tinggi

Contoh dari jenis formasi ini adalah pasir dan gravel. Namun tidak semua jenis formasi ini menyerap lumpur. Untuk dapat menyerap lumpur perlu keadaan, antara lain tekanan hidrostatik lumpur harus lebih besar dari pada tekanan formasi, formasi harus *permeable*, disamping ada pengertian bahwa lumpur mampu masuk ke dalam formasi bila diameter lubang atau pori-pori sedikitnya tiga kali lebih besar dari diameter butiran atau partikel padat dari lumpur. Jadi kalau lumpur dapat masuk ke dalam formasi, berarti lubang atau celah-celah cukup besar (Drs. M. Mustaghfirin Amin, 2014).

2. *Vugs Formation*

Hilang lumpur kedalam *reef*, gravel ataupun formasi yang mengandung banyak goa-goa sudah dapat diduga sebelumnya. Goa-goa ini banyak terdapat pada formasi batu kapur (*limestone* dan *dolomite*).

3. Formasi Yang Memiliki Rekah Alami

Formasi ini merupakan celah-celah atau rekahan dalam formasi. Bila hilang lumpur tidak terjadi pada formasi *permeable* ataupun batuan kapur, biasanya ini terjadi karena celah-celah atau retakan tersebut. *Fracture* ini dapat terjadi alamiah tetapi dapat juga terjadi karena sebab-sebab mekanis (*induced fractures*).

2.1.3. Faktor Hidrolik Lumpur Pemboran

Hilang lumpur terjadi jika tekana hidrostatik lumpur naik hingga melebihi tekanan rekah formasi, yang akan mengakibatkan adanya *crack* (rekahan) yang memungkinkan lumpur (fluida) mengalir kedalamnya (Frijani Fajri AL Lail, 2015). Hilang lumpur ini terjadi jika besar lubang pori lebih besar dari pada ukuran partikel lumpur pemboran. Pada prakteknya, ukuran lubang pori yang didapat mengakibatkan terjadinya hilang lumpur berada pada kisaran 0.1-1.00 mm.(Agung & Hamid, 2015) Pada lubang bagian permukaan, hilang lumpur atau hilang sirkulasi dapat menyebabkan *wash out* yang besar, yang dapat menyebabkan rig pemboran yang digunakan menjadi amblas. Laju penembusan yang tinggi akan menghasilkan kerataan bor yang banyan dan bila tidak terangkat dengan cepat akan menyebabkan kenaikan densitas lumpur yang akan pada akhirnya akan menaikan tekanan hidrostatik. Kebanyakan perusahaan minyak membatasi laju penembusan dilubang permukaan untuk mengurangi *equivalent circulating densitas* di annulus yang pada akhirnya akan membatasi tekanan dinamis pada formasi yang ditembus. Oleh karena itu, diperlukan pengamatan sifat-sifat lumpur pemboran yang teliti untuk mendeteksi adanya kenaikan densitas lumpur tiba-tiba.(Agung & Hamid, 2015)

Hilang lumpur juga terjadi sebagai akibat kenaikan tiba-tiba dari tekanan hidrostatik lumpur yang disebabkan kenaikan berat lumpur yang mendadak atau gerakan pipa. Penurunan pipa yang cepat akan menyebabkan fluida memberikan tekanan tambahan pada annulus. Tekanan total sebagai akibat *surge effect* dan tekanan hidrostatik lumpur dalam keadaan tertentu akan menjadi cukup tinggi untuk merekahkan formasi yang belum dipasang casing. Padang lubang *intermediate* kebanyakan kasus hilang lumpur disebabkan karena memasuki zona

depleksi dimana tekanan reservoirnya lebih kecil dari pada formasi di atasnya, kenaikan tiba-tiba dari tekanan hidrostatik lumpur sebagai akibat *surgin effect* dapat merekahkan formasi yang lemah dan akan menyebabkan terjadinya hilang sirkulasi (Nayberg & Linafelter, 2005).

2.3 BLIND DRILLING

Blind drilling adalah pemboran yang dilakukan tanpa menggunakan sirkulasi lumpur pemboran, dimana sirkulasi lumpur tidak ada karena semua lumpur hilang ke formasi. Fluida umumnya membawa cutting masuk kedalam zona lost, sehingga *cutting* ini dapat menutup formasi (Tanjung wicaksana ranukusuma, 2018). Setelah zona lost dilalui perlu memasang casing untuk menghindari terjadinya *lost* lebih lanjut. Metode *blind drilling* ini biasanya dilakukan bila tekanannya normal, dan air tersedia dalam jumlah yang banyak (Parulian et al., 2017).

2.4 LCM (Lost Circulation Material)

LCM (*Lost Circulation Material*) dapat mengatasi masalah kehilangan lumpur. Ada lima cara *additive* LCM untuk mengatasi masalah *lost circulation* (Susilo, 2020) yaitu :

a. *Bentonite*

Bentonite ditambahkan untuk meningkatkan viskositas dan mengontrol filtrat. Penambahan *bentonite* murni sebelumnya harus dicampur dengan air terlebih dahulu sebelum dicampur dengan *additive* lain. Berlebihan dalam menggunakan *bentonite* bias bermasalah pada reologi lumpur pemboran. Konsentrasi 10-25 lb/bbl.

b. *Lignosulfonat*

Lignosulfonat digunakan untuk mengontrol reologi dan mengontrol *filtrate* terhadap penggumpalan bentonite, penggumpalan *bentonite* dipercaya akibat dari hasil penyerapan ion negative yang terdapat pada ujung partikel *clay* sehingga menyebabkan terpisahnya partikel *clay* yang berakibat pada penurunan viskositas *shear rate*, *yield point* dan *gel strength* dan

meningkatkan pengontrolan filtrate dengan membentuk lapisan yang tipis.

c. Causatic soda

Causatic soda (NaOH) atau *Causatic Potash* (KOH) harus dicampur terlebih dahulu kemudian ditambahkan secara perlahan kedalam sistem sirkulasi. Alkali ini dapat meningkatkan sifat lignit maupun *lignosulfonat* dan juga dapat mengurangi korosi. Digunakan untuk pH 9,5–10,5 (Pradiko.Z.H, A.Hamid.MT,2017).

d. Soda Ash

Soda Ash (Na₂CO₃) digunakan untuk memperbaiki kekerasan ion kalsium dan membantu kalsium *bentonite*. Konsentrasi 0,25-1 lb/bbl.

e. Lignit

Lignit digunakan sebagai agen *filtration control* dan sebagai *deflocculant* kedua. Untuk dapat melarutkan *lignit* harus berada di lingkungan alkalin yang tinggi yang berfungsi sebagai *additive* fluida lost sampai 400⁰ F, berada dengan *lignosulfonat*, *lignit* memberikan *filtration control* yang lebih baik pada suhu yang tinggi yang biasanya 4:1. Bagaimanapun juga rasio akan menurun berdasarkan kualitas *lignit*, berat lumpur, formasi yang dijumpai, dan suhu lubang bor. Konsentrasi 1-4 lb/bbl (Mohais et al., 2016).

2.5 STATE OF THE ART

Penelitian yang akan diangkat adalah evaluasi penyebab hilangnya sirkulasi lumpur dan penanggulangannya pada pemboran sumur X lapangan Y pada penelitian (SYAHRUL, 2013). Permasalahan *lost circulation* adalah hilangnya sebagian (*partial lost*) atau semua (*total lost*) dari fluida pemboran ke dalam formasi. Permasalahan *lost circulation* ketika menembus formasi baturaja dengan lithologi batuan *limestone* dan formasi talangkar dengan lithologi 90% *limestone* dan 10% *sandstone*. Penyebab dari permasalahan *lost circulation* karena formasi yang memiliki lubang pori yang cukup besar sehingga terbentuk rongga-rongga atau berbentuk goa (*cavern*).

Pada penelitian (Rosyidan et al., 2015) Permasalahan *lost circulation* ini dilakukan penanggulangan pada tiap-tiap sumur A, B dan C dengan beberapa menggunakan metode. Pada sumur A penanggulangan dilakukan dengan *Lost Circulation Material* (LCM) CaCO_3 dan dilakukan penyemenan. Sumur B ini penanggulangan *lost circulation* dengan LCM CaCO_3 dan *blind drilling*. Sedangkan pada sumur C penanggulangan dilakukan dengan menggunakan LCM CaCO_3 . Penelitian yang berhubungan dengan kehilangan sirkulasi akibat beda besar tekanan hidrostatik lumpur dengan tekanan dasar lubang sumur.

Pada penelitian (Novrianti & Mursyidah, 2015) menggunakan metode *field Research* dimana metode pengambilan data *Daily Drilling Report* dan *Water Based Mud Report* pada sumur X diambil secara primer. Evaluasi kehilangan tekanan pada sumur X dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan 9 sampai dengan 19. Adapun data- data yang diperlukan untuk evaluasi terlihat pada table 1 dan table 2. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh kehilangan tekanan pada *Surface Connection* 6.312 psi, pada *Drill String* 523, 191 psi, pada *Annulus* 169. 305 psi, pada *Bit* 136.955 , total kehilangan tekanan 842.08 psi.

Pada penelitian (Satiyawira & Imanurdana, 2019) penanganan *lost circulation* di sumur A pada kedalaman 6.611 ft dilakukan dengan dua kali penyumbatan LCM namun gagal sehingga *lost* baru berhasil ditanggulangi setelah melakukan penyumbatan *cementing*. Pada kedalaman 6.979 ft loss ditanggulangi dengan cara penyumbatan *cementing*. Dan pada sumur B penanggulangan loss dilakukan dengan cara penyumbatan LCM sebanyak tiga kali namun masih gagal sehingga dilakukan *blind drilling* untuk dapat mengatasi masalah hilang sirkulasi lumpur.

Penelitian yang dilakukan oleh (Aly Rasyid dan Lingga, 2015). Menghasilkan evaluasi laju alir fluida dinilai sudah memenuhi kriteria dari *cutting concentration* yaitu bernilai dibawah 5% dimana saat sirkulasi keadaan lubang sumur sudah bersih dari *cutting*. Untuk nilai *transport cutting ratio* didapatkan nilai seharusnya diatas 80% dimana pada kondisi ini proses pengangkutan *cutting* belum optimal. Oleh karena itu dilakukan nilai koreksi untuk mencapai kriteria

tersebut dengan besar injeksi udara minimal 1353 scfm dengan nilai kecepatan annulus minimal sebesar 265 fpm.

Penelitian yang dilakukan oleh (Parulian et al., 2017) penanggulangan *lost circulation* dengan menggunakan metode underbalance drilling ini sangat efektif untuk diaplikasikan pada pemboran melalui zona kehilangan lumpur total. Kehilangan lumpur ditemukan ketika memasuki formasi kudjung dan diperkirakan disebabkan oleh formasi kudjung yang carvenous ,pada data ROP dan WOB pada zona kehilangan lumpur “CT” ditemukan perbedaan. Pada zona kehilangan lumpur dikedalaman 3798ft-4591ft TVD/MD. Metode UBD berhasil membor melalui zona kehilangan lumpur total sepanjang 2426ft dalam waktu 192 jam (8 hari). Sedang sumur CT dengan metode konvensional membutuhkan 336 jam (17 hari) untuk membor sedalam 2452 ft.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

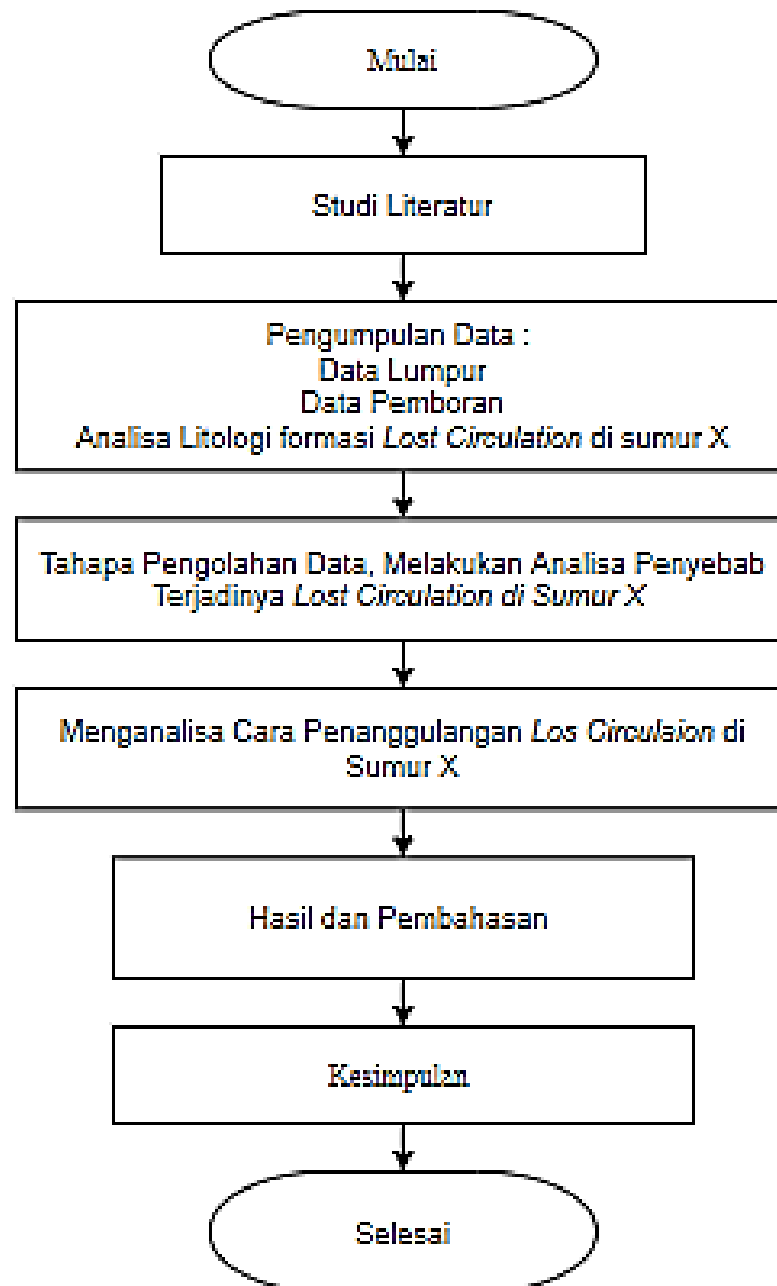
3.1 URAIAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan di Universitas Islam Riau. Jenis penelitian ini bersifat hipotetik dengan data yang digunakan diambil dari referensi yang terpercaya seperti jurnal, report, proceeding dan lain-lain. Data tersebut berupa data konfigurasi sumur, data lumpur pemboran, faktor formasi dan faktor mekanikal. Setelah hasil di dapatkan, evaluasi data membawa pada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

NO	Data	Nilai
1	Mud Properties <ul style="list-style-type: none"> • MW, ppg • Viskositas, cp • Yield Point, lb/100 ft² 	
2	Well Profile <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman, ft • In Diameter casing, inc • Out Diameter Casing, inc • Diameter Wellbore, inc 	
3	Drill String Data <ul style="list-style-type: none"> • Drill pipe size (ID & OD), inc • Drill collar size (ID & OD), inc • BHA size (ID & OD), inc • Bitt size, inc • Nozzle size, inc 	
4	Laju Alir Volumetrik, gpm	
5	Kecepatan Aliran Lumpur, fit/s	

Tabel 3. 1 Data yang diperlukan

3.2 ALUR PENELITIAN



Gambar 3. 2 Diagram Alir

3.4 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di universitas islam riau fakultas teknik program studi teknik perminyakan, jenis penelitian ini bersifat hipotetik dengan data yang digunakan diambil dari referensi yang terpercaya seperti jurnal, report, proceeding dan lain-lain.

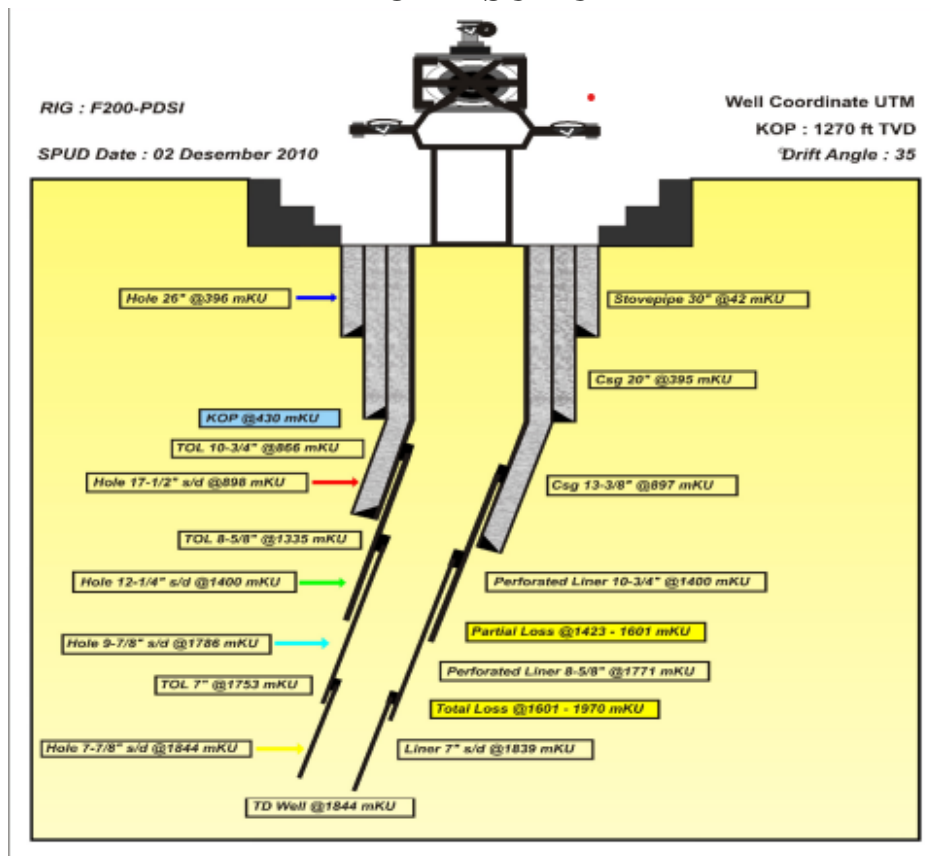
3.5 JADWAL PENELITIAN

Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian

Kegiatan	November 2021				Febuari 2022				Mei 2022			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur												
Pengumpulan data												
Pengolahan data												
Penulisan tugas akhir												

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

PROFIL SUMUR



Gambar 4.1. Profil Sumur Panas Bumi Sumur X

Lumpur yang digunakan untuk pemboran sumur panas bumi lapangan Y adalah:

Lumpur lignosulfonate berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 42-396 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 396-898 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 898-1400 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 1400-1686 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 1686-1786 mKU,
 dan water-gel berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 1786-1970 mKU.

Material Lumpur per Trayek dan Total Pada Sumur Panas Bumi
Tabel IV-1

MATERIAL	TRAYEK					TOTAL
	26"	17 ½"	12 ¼"	9 7/8"	7 7/8"	
BENTONITE (lbs/sack)	300	75	198	1117	510	2200
BLACK MAGIC (kg/sack)	0	0	0	0	120	120
CAUSTIC SODA (kg/sack)	0	8	2	27	7	44
CMC (kg/sack)	43	45	119	224	87	44
LIGNITE (lbs/sack)	70	57	44	14	0	185
LUBRICANT (gal/drum)	4	15	15	5	5	44
RESINEX (lbs/sack)	0	50	86	25	0	161
SODA ASH (kg/sack)	27	54	14	9	0	104
PRIMASOL (lbs/sack)	0	0	80	40	0	120
LIGNOSULFONATE (lbs/sack)	0	13	36	31	0	80

Lumpur yang digunakan untuk pemboran sumur panas bumi lapangan Y adalah:

Lumpur lignosulfonate berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 42-396 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 396-898 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 898-1400 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 9,163 ppg pada kedalaman 1400-1686 mKU,
 Lumpur lignosulfonate berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 1686-1786 mKU,
 dan water-gel berdensitas 8,7465 ppg pada kedalaman 1786-1970 mKU.

4.1. Kronologi Terjadinya *Problem Loss Sirkulasi* Pada Sumur X

Selama pemboran berlangsung, terjadi 2 loss sirkulasi, yaitu *partial loss* terjadi 1423 mKU/1286,6 mKT kemudian diikuti pada kedalaman 1601 mKU/1435 mKT terjadi *total loss*. Data interval loss sirkulasi pada sumur X yaitu:

1. Pada saat bor *casing shoe* dan formasi dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1400-1437 mKU dengan parameter : wob 6-11 ton, gpm 720, spp 1200-1350 psi, rpm 60-96, torsi 1300-1500 psi, terjadi loss pada kedalaman 1423-1437 mKU (1286,6-1298,2 mKT), yaitu hilang lumpur ***partial loss*** sebesar 8,4-25,2 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
2. Bor formasi dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1437-1455 mKU (1298,2-1313,2 mKT) dengan parameter : wob 6-10 ton, gpm 720, spp 1200-1350 psi, rpm 60-84, torsi 1300-1450 psi, terjadi loss pada kedalaman 1437-1455 mKU (1298,2-1313,2 mKT), yaitu hilang lumpur ***partial loss*** sebesar 16,8-29,4 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
3. Bor formasi dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1455-1497 mKU (1313,2-1348,2 mKT) dengan parameter : gpm 650-710, spp 950-1250 psi, wob 5-11 ton, rpm 70-90, torsi 1300-1450 psi, terjadi loss pada kedalaman 1493-1496 mKU (1344,9-1347,4 mKT), yaitu hilang lumpur ***partial loss*** sebesar 8,4 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
4. Kedalaman 1497 mKU, terjadi kehilangan lumpur dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc, angkat rangkaian dan sirkulasi bersih sambil work pipe (*swetp out 2x40 HiVis*) sampai parameter normal. Lanjut bor formasi (*blind drill*) dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1497-1500 mKU dengan parameter : gpm 600-700, spp 950-1150 psi, wob 5-11 ton, rpm 70-90, torsi 1300-1450 psi. Pada kedalaman 1500 mKU ada aliran balik (***patial loss 42-84 gpm***).
5. Lanjut bor formasi dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1500-1502 mKU (1350,7-1352,4 mKT) dengan parameter : gpm 620-750, spp 700-900 psi, wob 5-12 ton, rpm 80-90, torsi 1300-1450 psi, terjadi loss pada kedalaman 1500-1502 mKU (1350,7-1352,4 mKT), yaitu hilang lumpur ***partial loss*** sebesar 42-84 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
6. Lanjut bor formasi dengan pahat 9 7/8” dari kedalaman 1502-1515 mKU (1352,4-1363,2 mKT) dengan parameter: gpm 600-720, spp 700-950 psi, wob 5-12 ton, rpm 80-90, torsi 1300-1770 psi, terjadi loss pada kedalaman

- 1502-1515 mKU (1352,4-1363,2 mKT), yaitu hilang lumpur *partial loss* sebesar 42-84 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
7. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1515-1526 mKU (1363,2-1372,4 mKT) dengan parameter : gpm 710, spp 900-1000 psi, wob 9-13 ton, rpm 60-88, torsi 1300-1550 psi, terjadi loss pada kedalaman 1515-1526 mKU (1363,2-1372,4 mKT), yaitu hilang lumpur *partial loss* sebesar 16,8-84 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
 8. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1526-1552 mKU (1372,4-1394,1 mKT) dengan parameter: gpm 670-710, spp 900-1050 psi, wob 4-10 ton, rpm 60-88, torsi 1300-1550 psi, terjadi loss pada kedalaman 1527-1534 mKU, terjadi hilang lumpur *partial loss* sebesar 84-126 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc, kedalaman 1535-1547 mKU, terjadi hilang lumpur *partial loss* sebesar 8,4-25,2 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc, kedalaman 1548-1552 mKU, terjadi hilang lumpur *partial loss* sebesar 21-42 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
 9. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1552-1577 mKU (1394,1-1415 mKT) dengan parameter : gpm 670-710, spp 900-1577 psi , wob 4-10 ton, rpm 60-88, torsi 1300-1550 psi, terjadi loss pada kedalaman 1552-1577 mKU (1394,1-1415 mKT), yaitu hilang lumpur *partial loss* sebesar 25,2-71,4 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc.
 10. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1577-1601 mKU (1415-1435 mKT) dengan parameter : gpm 690, spp 1000-1150 psi, wob 4-11 ton, rpm 65-88, torsi 1400-1650 psi, terjadi loss pada kedalaman 1577-1601 mKU (1415-1435 mKT), yaitu hilang lumpur *partial loss* sebesar 21-42 gpm dengan densitas lumpur sebesar 1,10 gr/cc. Pada kedalaman 1601 mKU ada indikasi *total loss*, aliran balik *intermittent*, lakukan sirkulasi sambil work pipe, normalkan semua parameter gpm 690, spp 1000-1150, rpm 40.
 11. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1601-1686 mKU (1435-1506 mKT) dengan parameter : gpm 710-730, spp 1000-1150 psi, wob 5-8 ton, rpm 1506 mKT), yaitu hilang lumpur *total loss* dengan densitas lumpur sebesar 1,10

gr/cc.

12. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1686-1715 mKU (1506-1530mKT) dengan parameter : gpm 710-730, spp 1000-1150 psi, wob 5-8 ton, rpm 80, torsi 1400-1650 psi, terjadi loss pada kedalaman 1686-1701 mKU (1506-1518,3 mKT), yaitu hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc. 1702 mKU ada aliran balik intermitten
13. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1715-1728 mKU (1530-1541 mKT) dengan parameter : gpm 780-830, spp 1400 psi, wob 5-8 ton, rpm 80, torsi 1400-1600 psi, pada kedalaman 1702-830, spp 1400 psi, wob 5-8 ton, rpm 80, torsi 1400-1600 psi , pada kedalaman 1702-1728 mKU terjadi aliran balik intermitten dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
14. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1728-1738 mKU (1541-1549 mKT) dengan parameter : gpm 800-850, spp 1200-1500 psi, wob 20-11 ton, rpm 80, torsi 1450-1650 psi, pada kedalaman 1728-1738 mKU terjadi aliran balik intermitten dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
15. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1738-1753 mKU (1549-1561,6 mKT) dengan parameter : gpm 860, spp 1200-1500 psi, wob 4-8 ton, rpm 60-80 torsi 1450-1700 psi, pada kedalaman 1738-1753 mKU terjadi aliran balik intermitten dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc. Pada saat bor formasi dikedalaman 1753 mKU torsi tinggi sampai 2100 psi dan *overpull* sampai 120 ton, usaha kondisikan torsi dengan sirkulasi (*swept HiVis*) sambil *work pipe*.
16. Kedalaman 1728-1753 mKU, saat *reaming* dengan parameter : gpm 820, spp 800 psi, rpm 80, torsi 1550-1900 psi terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
17. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1753-1770 mKU (1561,6-1575,8 mKT) dengan parameter : gpm 815, spp 1050-1250 psi, wob 4-7 ton, rpm 67, torsi 1550-1700 psi, pada kedalaman 1753-1770 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
18. Bor formasi dengan pahat 9 7/8" dari kedalaman 1770-1786 mKU (1575,8-1589 mKT) dengan parameter :gpm 815, spp 1000-1200 psi, wob 4-8 ton, rpm 62, torsi 1400-1786 psi, pada kedalaman 1770-1786 mKU terjadi kehilangan lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
19. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1786-1796 mKU (1589-1597,5

- mKT) dengan parameter : gpm 500-610, spp 20-35 psi, wob 6-9 ton, rpm 50-60 torsi 1200-1700 psi, pada kedalaman 1786-1796 mKU terjadi kehilangan lumpur **total loss** dengan densitas lumpur (*gel water*) sebesar 1,05 gr/cc.
20. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1796-1832 mKU (1597,5-1627,5 mKT) dengan parameter : gpm 554, spp 25-35 psi, wob 6-9 ton, rpm 50-60, torsi 1200-1450 psi, pada kedalaman 1796-1832 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur swbwsar 1,05 gr/cc.
 21. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1870-1928 mKU (1659-1737,7 mKT) dengan parameter gpm 554, spp 25-35 psi, wob 4-7 ton, rpm 70, torsi 1400-1700 psi, pada kedalaman 1832-1870 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
 22. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1870-1928 mKU (1659-1737,7 mKT) dengan parameter : gpm 550, spp 13-35 psi, wob 3-8 ton, rpm 70, torsi 1500-1650 psi, pada kedalaman 1870-1928 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
 23. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1928-1952 mKU (1737,7-1760 mKT) dengan parameter : gpm 550, spp 8-35 psi, wob 3-10 ton, rpm 60-70, torsi 1500-1650 psi, pada kedalaman 1928-1952 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
 24. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1952-1957 mKU (1760-1764 mKT) dengan parameter : gpm 550, spp 13-50 psi, wob 4-8 ton, rpm 69, torsi 1500-2100 psi, pada kedalaman 1952-1957 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
 25. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1957-1969 nKU (1764-1775 mKT) dengan parameter : gpm 550, spp 13-30 psi, wob 4-7 ton, rpm 71, torsi 1500-2100 psi, pada kedalaman 1957-1969 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.
 26. Bor formasi dengan pahat 7 7/8" dari kedalaman 1969-1970 mKU (1775-1776 mKT) dengan parameter : gpm 550, spp 13-39 psi, wob 4-7 ton, rpm 71, torsi 1500-1750 psi, pada kedalaman 1969-1970 mKU terjadi hilang lumpur **total loss** dengan densitas lumpur sebesar 1,05 gr/cc.

Berdasarkan data kronologi kejadian loss sirkulasi diatas dapan ditentukan

banyaknya volume lumpur pemboran yang kembali ke permukaan dan lumpur pemboran yang hilang kedalam lubang bor.

Tabel IV-2
Volume Lumpur Pemboran yang Hilang Kedalam Lubang Bor pada Sumur X

Kedalaman (mKU)	Lumpur masuk (GPM)	Loss (GPM)	Lumpur keluar (GPM)	TOTAL
1423-1437	724	25,2	698,8	Partial Loss
1437-1455	724	29,4	694,6	Partial Loss
1455-1497	724	8,4	715,6	Partial Loss
1497-1500	724	84	640	Partial Loss
1500-1502	724	84	640	Partial Loss
1502-1515	724	84	640	Partial Loss
1515-1526	724	84	640	Partial Loss
1526-1552	724	84	598	Partial Loss
1552-1577	724	126	652,6	Partial Loss
1577-1601	724	71,4	682	Partial Loss
1601-1686	557	557	0	Total Loss
1686-1715	557	557	0	Total Loss
1715-1728	557	557	0	Total Loss
1728-1738	557	557	0	Total Loss
1738-1753	557	557	0	Total Loss
1753-1770	557	557	0	Total Loss
1770-1786	557	557	0	Total Loss
1786-1796	557	557	0	Total Loss
1796-1832	557	557	0	Total Loss
1832-1870	557	557	0	Total Loss
1870-1928	557	557	0	Total Loss
1928-1952	557	557	0	Total Loss
1952-1957	557	557	0	Total Loss
1957-1969	557	557	0	Total Loss
1969-1970	557	557	0	Total Loss

Dari **Tabel IV-2** terlihat bahwa lumpur yang dipompakan kedalam lubang bor 724 gpm pada 1423 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) dan lumpur keluar 600-700 gpm atau loss 1%-17% sehingga terjadi *partial loss* sirkulasi dan 557 gpm lumpur masuk pada kedalaman 1601 mKU (1435 mKT)

sampai 1970 mKU (1776 mKT) dan tidak ada lumpur keluar atau loss 100% hilang seluruhnya dikarenakan formasinya rekah yang alami.

4.2. PERHITUNGAN

Interval kedalaman : 1423-1437 mKU (4220-4258 ftTVD)

Densitas lumpur : 1,10 gr/cc (9,163 ppg)

Graduen Tekanan Formasi : 0,433 psi/ft

$$Pf1 = Gf \times Depth$$

$$= 0,433 \text{ psi/ft} \times 4220 \text{ ft} = 1827,5 \text{ psi}$$

$$Pf2 = Gf \times Depth$$

$$= 0,433 \text{ psi/ft} \times 4258 \text{ ft} = 1843,8 \text{ psi}$$

Harga besarnya Ph dengan menggunakan densitas lumpur pemboran terhadap pf dan harga tekanan rekah formasi dengan asumsi tidak lebih dari gradient tekanan *overburden* sebesar 1 psi/ft adalah:

$$Ph1 = 0,052 \times MW \times Depth$$

$$= 0,52 \text{ psi/ft} \times 9,163 \text{ ppg} \times 4220 \text{ ft} = 2010,7 \text{ psi}$$

$$Ph 2 = 0,052 \times MW \times Depth$$

$$= 0,052 \times 9,163 \text{ ppg} \times 425 \text{ ft} = 2029 \text{ psi}$$

$$Prf1 = Gov \times Depth$$

$$= 1 \text{ psi/ft} \times 4220 \text{ ft} = 4220 \text{ psi}$$

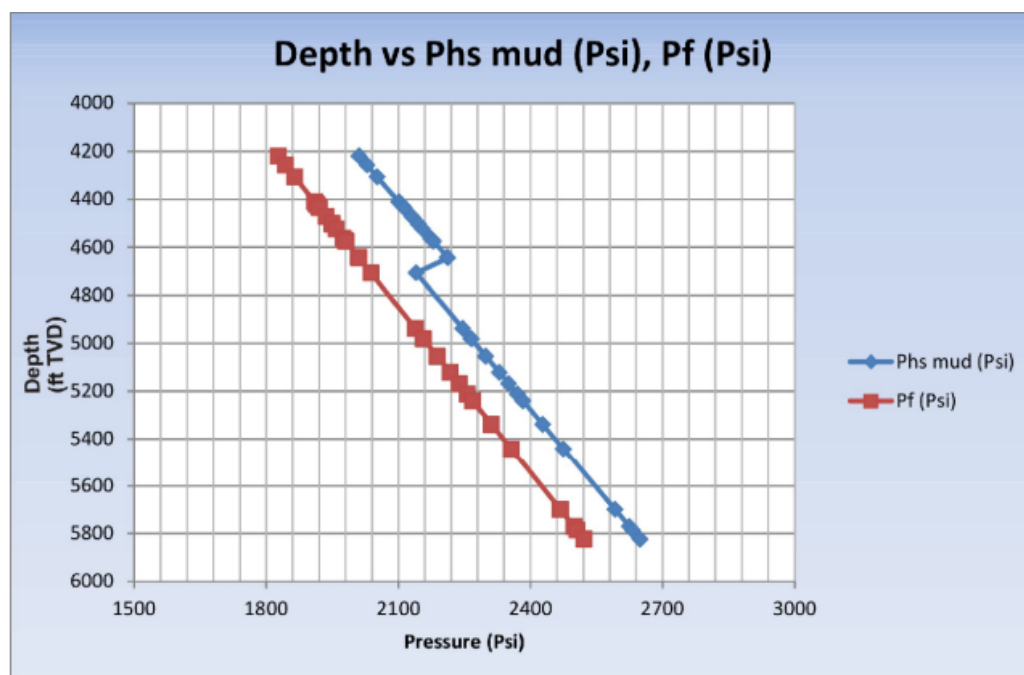
$$Prf2 = Gov \times Depth$$

$$= 1 \text{ psi/ft} \times 4258 \text{ ft} = 4258 \text{ psi}$$

Untuk harga Pf, Ph, dan ΔP yang digunakan pada zona loss sirkulasi pada interval kedalaman yang dapat dilihat pada tabel IV-3.

Tabel IV-3
Harga Pf, Ph, ΔP dan Prf Sumur B-1 Pada Saat *Problem Loss* Sirkulasi

MKT (m)	MKU (m)	MW (ppg)	Pf (Psi)	Ph mud (psi)	ΔP (Ph-Pf) psi	Prf (psi)
1286,6	1423	9,163	1827,3	2010,7	183,5	4220,0
1298,2	1437	9,163	1843,8	2028,9	185,1	4258,1
1313,2	1455	9,163	1865,1	2052,4	187,3	4307,4
1344,9	1493	9,163	1910,1	2101,9	191,8	4411,3
1347,4	1496	9,163	1913,6	2105,8	192,1	4419,4
1348,2	1497	9,163	1914,8	2107,1	192,3	4422,2
1350,7	1500	9,163	1918,4	2111,0	192,6	4430,4
1352,4	1502	9,163	1920,7	2113,6	192,9	4435,9
1363,2	1515	9,163	1936,1	2130,5	194,4	4471,4
1372,4	1526	9,163	1949,2	2144,9	195,7	4501,5
1373,3	1527	9,163	1950,3	2146,2	195,8	4504,3
1379,1	1534	9,163	1958,6	2155,3	196,7	4523,3
1390,8	1548	9,163	1975,2	2173,5	198,3	4561,7
1394,1	1552	9,163	1979,9	2178,7	198,8	4572,6
1394,9	1553	9,163	1981,1	2180,0	198,9	4575,3
1414,9	1577	9,163	2009,5	2211,3	201,8	4641,0
1415,8	1578	9,163	2010,7	2212,6	201,9	4643,7
1435,0	1601	8,7465	2038,0	2140,7	102,7	4706,6
1505,8	1686	8,7465	2138,6	2246,4	107,8	4939,0
1518,3	1701	8,7465	2156,4	2265,0	108,7	4980,1
1519,1	1702	8,7465	2157,5	2266,3	108,7	4982,8
1540,8	1728	8,7465	2188,3	2298,6	110,3	5053,9
1561,7	1753	8,7465	2217,9	2329,7	111,8	5122,2
1575,8	1770	8,7465	2238,1	2350,8	112,8	5168,8
1589,2	1786	8,7465	2257,0	2370,7	113,7	5212,4
1597,5	1796	8,7465	2268,8	2383,1	114,3	5239,7
1627,5	1832	8,7465	2311,5	2427,9	116,5	5338,2
1659,2	1870	8,7465	2356,4	2475,2	118,7	5442,1
1737,7	1928	8,7465	2468,0	2592,3	124,4	5699,7
1759,6	1952	8,7465	2499,1	2625,0	125,9	5771,6
1764,2	1957	8,7465	2505,6	2631,8	126,3	5786,6
1775,2	1969	8,7465	2521,2	2648,2	127,0	5822,6



Gambar 4.2 Grafik Kedalaman vs Teknik Hidrostatik dan Tekanan Formasi

Dari hasil analisa tekanan diatas, maka dapat diketahui besarnya harga tekanan formasi (Pf), tekanan hidrostatik (Ph) lumpur pemboran pada saat terjadinya loss sirkulasi. Tekanan hidrostatik pada saat *partial loss* (1423 mKU) (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) lebih besar 183,5 sampai 201 psi dari pada tekanan formasi, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya *differential pipe sticking*, namun dilapangan pada kedalaman ini tidak terjadi masalah *differential pipe ticking*, sedangkan tekanan rekah formasinya jauh lebih besar 2209,3 sampai 2431,1 psi dari pada tekanan hidrostatik lumpur pemboran sehingga loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi.

Tekanan hidrostatik pada saat *total loss* (1601 mKU (1435 mKT) sampai 1970 mKU (1776,1 mKT) lebih besar 102,7 sampai 127,1 psi dari pada tekanan formasi, sehingga masih aman dari terjadinya *differential pipe sticking* dan dilapangan pada kedalaman ini tidak terjadi masalah *differential pipe sticking*. Sedangkan tekanan rekah formasinya lebih besar 2565,9 sampai 3176 psi dari pada tekanan hidrostatik lumpur pemboran sehingga loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi.

Pada kedalaman dari permukaan sampai 1601 mKU (5251 ft)

Sg lumpur yang digunakan	: 1,1 (9,163 ppg)
<i>Plastic viscosity (pv)</i>	: 22 cp
<i>Yield point (yp)</i>	: 24 lb/100 ft ²
<i>Drill pipe</i>	: 5” OD, 3” ID, 4303 ft
<i>Drill collar</i>	: 8” OD, 2,81 ID, 62 ft
BHA	: 8” OD, 3” ID, 949 ft
<i>Sledge hammer</i>	: 6,5” OD, 2,5” ID, 21 ft
Liner 10 3/4 “diset pada 1400 mKU (4592 ft), 10,19” ID	
Spm dan tekanan pompa (GPM)	:164/724

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran lumpur adalah persamaan :

4.3. Kecepatan Aliran Lumpur

Kecepatan aliran di *drill pipe*

$$VDp = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VDp = \frac{724}{2,448 \times 3^2} = 32,86 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di *drill collar*

$$VDc = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VDc = \frac{724}{2,448 \times 2,81^2} = 37,46 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di BHA

$$VBHA = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VBHA = \frac{724}{2,448 \times 2,5^2} = 32,86 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di *Sledge hammer*

$$VSH = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VSH = \frac{724}{2,448 \times 2,5^2} = 47,32 \text{ fps}$$

4.4. Kecepatan aliran di Annulus

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan lubang bor

$$Van - Dp = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - Dp = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 5^2)} = 4,48 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill collar* dan lubang bor

$$Van - Dc = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - Dc = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 8^2)} = 8,82 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *BHA* dan lubang bor

$$Van - BHA = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - BHA = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 8^2)} = 8,82 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *Sledge hammer* dan lubang bor

$$Van - SH = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - SH = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 6,5^2)} = 5,35 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan liner 10 ³/₄

$$Van (Dp - Cs) = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van(Dp - Cs) = \frac{724}{2,448(10,19^2 - 5^2)} = 3,75 \text{ fps}$$

4.5. Kecepatan Aliran Kritis (VC)

-Kecepatan kritis di *drill pipe*

$$VcDp = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34di^2t\rho)^{0,5}}{di\rho}$$

$$VcDp = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times 3^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{3 \times 9,163} = 7,05 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di *drill collar*

$$VcDc = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34di^2t\rho)^{0,5}}{di\rho}$$

$$VcD = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times 2,81^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{2,81 \times 9,163} = 7,12 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di BHA

$$VcBHA = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34di^2t\rho)^{0,5}}{di\rho}$$

$$VcBHA = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times 3^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{3 \times 9,163} = 7,05 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di Sledge hammer

$$VcSH = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34di^2t\rho)^{0,5}}{di\rho}$$

$$VcSH = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times 3^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{2,5 \times 9,163} = 7,25 \text{ fps}$$

Kecepatan kritis di Annulus :

-Untuk annulus antara lubang bor dan *drill pipe*

$$Vc(an-Dp) = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34di^2t\rho)^{0,5}}{(D-do)2p}$$

$$Vc(an - Dp) = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times (9,875 - 5)^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{(9,8755 - 5)^2 \times 9,163} = 1,37 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dan *drill collar*

$$Vc(an-Dc) = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34D - do)^2 ty\rho)^{0,5}}{(D-do)2p}$$

$$Vc(an - Dc) = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times (9,875 - 8)^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{(9,875 - 8)^2 \times 9,163} = 1,26 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dan BHA

$$Vc(an - BHA) = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34(D-do)^2 ty\rho)^{0,5}}{(D-do)2p}$$

$$Vc(an - BHA) = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times (9,875 - 8)^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{(9,875 - 8)^2 \times 9,163} = 4,09 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dan *Sledge hammer*

$$Vc(an - SH) = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34(D-do)^2 ty\rho)^{0,5}}{(D-do)2p}$$

$$Vc(an - SH) = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times (10,19 - 5)^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{(10,19 - 5)^2 \times 9,163} = 1,28 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan liner 10 3/4"

$$Vcan(Dp - Cs) = \frac{1,078 \mu\rho + 1,078 (\mu\rho^2 + 12,34(D-do)^2 ty\rho)^{0,5}}{(D-do)2p}$$

$$Vc(an - Dp) = \frac{1,078 \times 22 + 1,078 \times (22^2 + 12,34 \times (10,19 - 5)^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{(10,19 - 5)^2 \times 9,163} = 1,28 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran rata-rata pada pemboran sampai pada kedalaman 1601 mKU dengan sifat-sifat fisik lumpur seperti diatas adalah:

V(Dp)	: 32,86 > 7,05 fps, maka aliran trubulen
V(Dc)	: 37,46 > 7,12 fps, maka aliran trubulen
V(BHA)	: 32,86 > 7,05 fps, maka aliran trubulen
V(SH)	: 47,32 > 7,25 fps, maka aliran trubulen
V(An-Dp)	: 4,48 > 1,37 fps, maka aliran trubulen
V(An-Dc)	: 8,82 > 1,26 fps, maka aliran trubulen
V(An-BHA)	: 8,82 > 4,09 fps, maka aliran trubulen
V(An-SH)	: 5,35 > 2,06 fps, maka aliran trubulen
Van(Dp-Cs)	: 3,75 > 1,28 fps, maka aliran trubulen

4.6. Friction Pressure Loss

-Untuk aliran turbulen *friction pressure loss di drill pipe*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu \rho}$$

$$Nre = 928 \frac{9,163 \times 32,86 \times 3}{22} = 38102,35$$

-Untuk aliran turbulen *friction pressure loss di drill collar*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu \rho}$$

$$Nre = 928 \frac{9,163 \times 37,46 \times 2,81}{22} = 40674,4$$

-Untuk aliran turbulen *friction pressure loss di BHA*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu \rho}$$

$$Nre = 928 \frac{9,163 \times 32,86 \times 3}{22} = 38102,35$$

-Untuk aliran turbulen *friction pressure loss di Sledge hammer*

$$Nre = 928 \frac{\rho V di}{\mu \rho}$$

$$Nre = 928 \frac{9,163 \times 32,86 \times 2,5}{22} = 31751,96$$

4.7. Kehilangan Tekanan Pada Sistem Aliran

-Kehilangan tekanan di *drill pipe*

$$dPDp = \frac{f L \rho V^2}{25,8 D}$$

$$dPDp = \frac{0,00042 \times 4303 \times 9,163 \times 32,86^2}{25,8 \times 3} = 231 \text{ psi}$$

-Kehilangan tekanan di *drill collar*

$$dPDc = \frac{f L \rho V^2}{25,8 D}$$

$$dPDc = \frac{0,00042 \times 9,163 \times 9,163 \times 37,46^2}{25,8 \times 2,81} = 4 \text{ psi}$$

-Kehilangan tekanan di BHA

$$dPBHA = \frac{fL\rho V^2}{25,8D}$$

$$dPBHA = \frac{0,00042 \times 21 \times 9,163 \times 32,86^2}{25,8 \times 3} = 51 \text{ psi}$$

-Kehilangan tekanan di *Sledge hammer*

$$dPSH = \frac{fL\rho V^2}{25,8D}$$

$$dPSH = \frac{0,00042 \times 21 \times 9,163 \times 47,32^2}{25,8 \times 2,5} = 3 \text{ psi}$$

4.8. Kehilangan Tekanan Pada Annulus

-Untuk annulus antara lubang bor dengan *drill pipe*

$$dPan(D-Dp) = \frac{fL\rho V^2}{25,8(D-Dp)}$$

$$dPan(D-Dp) = \frac{0,00042 \times 4303 \times 9,163 \times 32,86^2}{25,8(9,875-5)} = 142 \text{ psi}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dengan *drill collar*

$$dPan(D-Dc) = \frac{fL\rho V^2}{25,8(D-Dc)}$$

$$dPan(D-Dc) = \frac{0,0004 \times 62 \times 9,163 \times 37,46^2}{25,8(9,875-8)} = 6 \text{ psi}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dengan *drill collar*

$$dPan(D-SH) = \frac{fL\rho V^2}{25,8(D-Dc)}$$

$$dPan(D-SH) = \frac{0,0005 \times 21 \times 9,163 \times 47,32^2}{25,8(9,875-8)} = 3 \text{ psi}$$

-Untuk annulus antara liner 10 3/4 dengan drill pipe

$$dPan(Dc-Dp) = \frac{fL\rho V^2}{25,8(Di-Do)}$$

$$dPan(Dc-Dp) = \frac{0,00042 \times 4303 \times 9,163 \times 32,86^2}{25,8(10,19-5)} = 134 \text{ psi}$$

pressure loss dengan 142 psi + 6 psi + 81 psi + 3 psi + 134 psi = 366 psi

-Untuk kehilangan tekanan pada bit

$$dPbit = \frac{\rho Q^2}{2gCd^2A^2}$$

$$dPbit = \frac{9,163 \times 724^2}{2 \times 9,8 \times 0,965^2 \times 1,820^2} = 333 \text{ psi}$$

Total kehilangan tekanan = Psc + Pdp + Pdc + Pbha + Psh + Pbit + Pann = 62,5 psi + 231 psi + 4 psi + 51 psi + 3 psi + 333 psi + 366 psi = 1051 psi.

Pada Kedalaman Pemboran 1601 mKU sampai 1970 mKU

Sg lumpur yang digunakan : 1,05 (8,7465 ppg)
 Plastic viscosity (pv) : 17 cp
 Yield point (yp) : 19 lb/100 ft²
 Drill pipe : 5" OD, 3" ID, 5436 ft
 Drill collar : 6,25" OD, 2,5" ID, 90 ft
 BHA : 6,5" OD, 2,5" ID 914 ft
 Sledge hammer : 6,5" OD, 2,5" ID, 22 ft
 Liner 10 3/4" diset pada 1400 mKU (4592 ft), 10,19" ID
 Spm dan tekanan pompa (GPM) : 164/724

4.9. Kecepatan Aliran Lumpur

Kecepatan aliran di drill pipe

$$VDp = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VDp = \frac{724}{2,448 \times 3^2} = 32,86 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di drill collar

$$VDc = \frac{Q}{2,448di^2}$$

$$VDc = \frac{724}{2,448 \times 2,81^2} = 37,46 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di BHA

$$VBHA = \frac{Q}{2,448 di^2}$$

$$VBHA = \frac{724}{2,448 \times 3^2} = 32,86 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran di *Sledge hammer*

$$VSH = \frac{Q}{2,448 di^2}$$

$$VSH = \frac{724}{2,448 \times 2,5^2} = 47,32 \text{ fps}$$

5.0. Kecepatan Aliran di Annulus

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan lubang bor

$$Van - Dp = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - Dp = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 5^2)} = 4,48 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill collar* dan lubang bor

$$Van - Dc = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - Dc = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 8^2)} = 8,82 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara BHA dan lubang bor

$$Van - BHA = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$Van - BHA = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 8^2)} = 8,82 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *Sledge hammer* dan lubang bor

$$Van - SH = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$V_{an - SH} = \frac{724}{2,448(9,875^2 - 6,5^2)} = 5,35 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan liner 10 ¾

$$V_{an - (Dp - Cs)} = \frac{Q}{2,448(D^2 - do^2)}$$

$$V_{an - (Dp - Cs)} = \frac{724}{2,448(10,19^2 - 5^2)} = 3,75 \text{ fps}$$

5.1. Kecepatan Aliran Kritis (VC)

-Kecepatan kritis di *drill pipe*

$$V_{cDp} = \frac{1,078\mu\rho + 1,078(\mu\rho^2 + 12,34 di^2 typ)^{0,5}}{di\rho}$$

$$V_{cDp} = \frac{1,078 \times 22 + 1,078(22^2 + 12,34 \times 3^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{3 \times 9,163} = 7,05 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di *drill collar*

$$V_{cDc} = \frac{1,078\mu\rho + 1,078(\mu\rho^2 + 12,34 di^2 typ)^{0,5}}{di\rho}$$

$$V_{cDc} = \frac{1,078 \times 22 + 1,078(22^2 + 12,34 \times 2,81^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{2,81 \times 9,163} = 7,12 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di BHA

$$V_{cBHA} = \frac{1,078\mu\rho + 1,078(\mu\rho^2 + 12,34 di^2 typ)^{0,5}}{di\rho}$$

$$V_{cBHA} = \frac{1,078 \times 22 + 1,078(22^2 + 12,34 \times 3^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{3 \times 9,163} = 7,05 \text{ fps}$$

-Kecepatan kritis di *Sledge hammer*

$$V_{cSH} = \frac{1,078\mu\rho + 1,078(\mu\rho^2 + 12,34 di^2 typ)^{0,5}}{di\rho}$$

$$V_{cSH} = \frac{1,078 \times 22 + 1,078(22^2 + 12,34 \times 2,5^2 \times 24 \times 9,163)^{0,5}}{2,5 \times 9,163} = 7,25 \text{ fps}$$

Kecepatan Kritis di Annulus:

-Untuk annulus antara lubang bor dan *drill pipe*

$$V_{c(an - Dp)} = \frac{1,078\mu\rho + 1,078(\mu\rho^2 + 12,34(D - do)^2 typ)^{0,5}}{(D - do)^2 \rho}$$

$$Vc(an - Dp) = \frac{1,078x22+1,078(22^2+12,34(9,875-5)^2x24x9,163)^{0,5}}{(9,875-5)^2x9,163} = 1,37 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara lubang bor dan *drill collar*

$$Vc(an - Dc) = \frac{1,078\mu\rho+1,078(\mu\rho^2+12,34(D-do)^2typ)^{0,5}}{(D-do)^2\rho}$$

$$Vc(an - Dc) = \frac{1,078x22+1,078(22^2+12,34(9,875-8)^2x24x9,163)^{0,5}}{(9,875-8)^2x9,163} = 1,26 \text{ fps}$$

-Untuk annulus antara *drill pipe* dan liner 10 3/4"

$$Vcan(Dp - Cs) = \frac{1,078\mu\rho+1,078(\mu\rho^2+12,34(D-do)^2typ)^{0,5}}{(D-do)^2\rho}$$

$$Vcan(Dp - Cs) = \frac{1,078x22+1,078(22^2+12,34(10,19-5)^2x24x9,163)^{0,5}}{(10,19-5)^2x9,163} = 1,28 \text{ fps}$$

Kecepatan aliran rata-rata pada pemboran sampai kedalaman 1601 mKU dengan sifat-sifat fisik lumpur :

V(Dp)	: 32,86 > 7,05 fps, maka aliran turbulen
V(Dc)	: 37,46 > 7,12 fps, maka aliran turbulen
V(BHA)	: 32,86 > 7,05 fps, maka aliran turbulen
V(SH)	: 47,32 > 7,25 fps, maka aliran turbulen
V(An-Dp)	: 4,48 > 1,37 fps, maka aliran turbulen
V(An-Dc)	: 8,82 > 1,26 fps, maka aliran turbulen
V(An-BHA)	: 8,82 > 4,09 fps, maka aliran turbulen
V(An-SH)	: 5,35 > 2,06 fps, maka aliran turbulen
Van(Dp-Cs)	: 3,75 > 1,28 fps, maka aliran turbulen

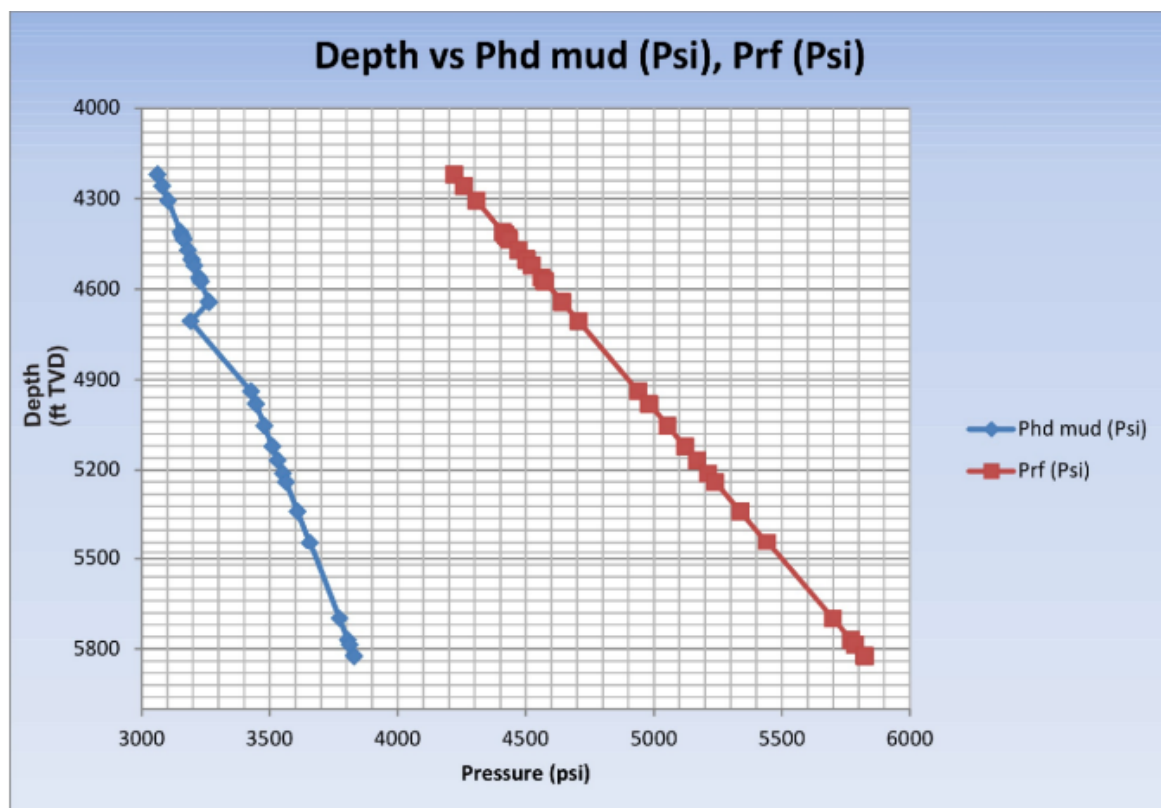
Tabel IV- 4

Harga Phs, Phd, ΔP (Phd-Prf) dan Prf Sumur X Pada Saat *Problem Loss Sirkulasi*

MKT (m)	mKU (m)	EMW (ppg)	MW (ppg)	Phs mud (psi)	Phd mud (psi)	ΔP (Prf-phd) psi	Prf (psi)
1286,6	1432	18,3	9,163	2010,7	3061,7	1158,3	4220
1298,2	1437	18,2	9,163	2028,9	3079,9	1178,2	4258,1
1313,2	1455	18,1	9,163	2052,4	3103,4	1204,0	4307,4
1344,9	1493	17,9	9,163	2101,9	3152,9	1258,4	4411,3
1347,4	1496	17,9	9,163	2105,8	3156,8	1262,6	4419,4
1348,2	1497	17,9	9,163	2107,1	3158,1	1264,1	4422,2
1350,7	1500	17,8	9,163	2111	3162,0	1268,4	4430,4
1352,4	1502	17,8	9,163	2113,6	3164,6	1271,3	4435,9
1363,2	1515	17,8	9,163	2130,5	3181,5	1289,9	4471,4
1372,4	1526	17,7	9,163	2144,9	3195,9	1305,6	4501,5
1373,3	1527	17,7	9,163	2146,2	3197,2	1307,1	4504,3
1379,1	1534	17,7	9,163	2155,3	3206,3	1317,0	4523,3
1390,8	1548	17,6	9,163	2173,5	3224,5	1337,2	4561,7
1394,1	1552	17,6	9,163	2178,7	3229,7	1342,9	4572,6
1394,9	1553	17,6	9,163	2180	3231,0	1344,3	4575,3
1414,9	1577	17,5	9,163	2211,3	3262,3	1378,7	4641
1415,8	1578	17,4	9,163	2212,6	3263,6	1380,1	4643,7

Tabel Lanjutan IV- 4
Harga Phs,Phd, Δ P (Phd-Prf) dan Prf Sumur X Pada Saat *Problem Loss*
Sirkulasi

MKT (m)	mKU (m)	EMW (ppg)	MW (ppg)	Phs mud (psi)	Phd mud (psi)	ΔP (Prf-phd) psi	Prf (psi)
1435	1601	18,3	8,7465	2140,7	3191,7	1514,9	4706,6
1505,8	1686	17,9	8,7465	2246,4	3427,4	1511,6	4939
1518,3	1701	17,8	8,7465	2265	3446,0	1534,1	4980,1
1519,1	1702	17,8	8,7465	2266,3	3447,3	1535,5	4982,8
1540,8	1728	17,7	8,7465	2298,6	3479,6	1574,3	5053,9
1561,7	1753	17,6	8,7465	2329,7	3510,7	1611,5	5122,2
1575,8	1770	17,5	8,7465	2350,8	3531,8	1637,0	5168,8
1589,2	1786	14,1	8,7465	2370,7	3551,7	1637,0	5212,4
1597,5	1796	14,1	8,7465	2383,1	3564,1	1675,6	5239,7
1627,5	1832	14	8,7465	2427,9	3608,9	1729,3	5338,2
1659,2	1870	13,9	8,7465	2475,2	3656,2	1785,9	5442,1
1737,7	1928	13,7	8,7465	2592,3	3773,3	1926,4	5699,7
1759,6	1952	13,6	8,7465	2625	3806,0	1965,6	5771,6
1764,2	1957	13,6	8,7465	2631,8	3812,8	1973,8	5786,6
1775,2	1969	13,6	8,7465	2648,2	3829,2	1993,4	5822,6
1776,1	1970	13,6	8,7465	2649,6	3830,6	1995,0	5825,6



Gambar 4.3 Grafik Kedalaman vs Tekanan Hidrodinamis dan Tekanan Rekah Formasi

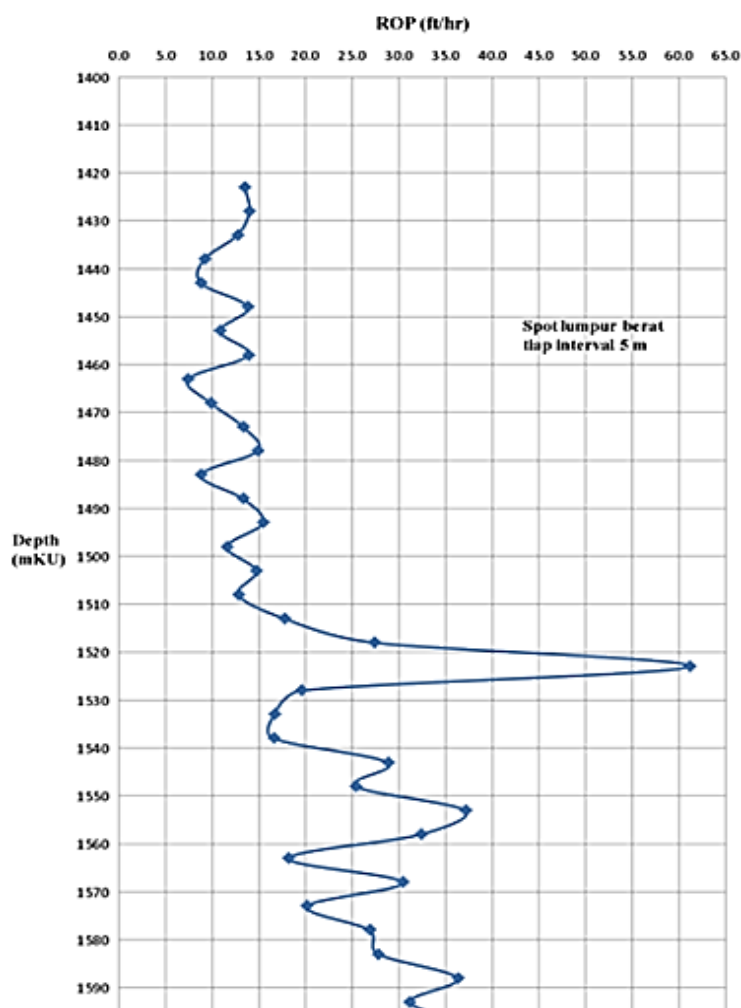
Berdasarkan perhitungan kehilangan tekanan diatas dapat diketahui kehilangan tekanan mulai dari peralatan pada *surface connection*, *drill pipe*, *drill collar*, *BHA*, *sledge hammer*, bit dan *annulus*, selain itu juga dapat mengetahui pola aliran yang terjadi yaitu berupa aliran turbulen didalam rangkaian pipa bor dan annulus. Pada perhitungan tekanan hidrodinamis yaitu tekanan pompa minimum ditambah dengan tekanan hidrostatik. Perbedaan tekanan (Δp) antara tekanan hidrodinamis dan tekanan rekah formasi pada saat *partial loss* (1423 mKU(1286,6 mKT) yaitu loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi.

Sedangkan pada saat *total loss* (1601 mKU (1435 mKT) sampai 1970 mKU (1776,1 mKT) perbedaan tekanan (Δp) antara tekanan hidrodinamis dan tekanan rekah formasi yaitu 1511 sampai 1995 psi, jauh lebih besar dari pada tekanan rekah formasi sehingga loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi.

Tabel IV- 5
Data-Data *Drilling* Parameter Sumur X Pada Saat *Partial loss* Sirkulasi

mKU (m)	ROP (ft/hr)	mKU (m)	ROP (ft/hr)	mKU (m)	ROP (ft/hr)
1435	13,5	1513	17,8	1601	25,3
1428	14	1518	27,3	TLC	TLC
1433	12,7	1523	61,1	TLC	TLC
1438	9,2	1528	19,6	TLC	TLC
1443	8,8	1533	16,7	TLC	TLC
1448	13,8	1538	16,6	TLC	TLC
1453	10,9	1543	28,8	TLC	TLC
1458	13,9	1548	15,4	TLC	TLC
1463	7,4	1553	37,1	TLC	TLC
1468	9,8	1558	32,4	TLC	TLC
1473	13,3	1563	18,1	TLC	TLC
1478	14,9	1568	30,4	TLC	TLC
1483	8,8	1573	20,1	TLC	TLC
1488	13,3	1578	26,9	TLC	TLC
1493	15,5	1583	27,8	TLC	TLC
1498	11,6	1588	36,3	TLC	TLC
1503	14,7	1593	31,1	TLC	TLC
1508	12,8	1598	37	1970	

Dari **Tabel IV- 5** terdapat data ROP antara 7,4 sampai 61,1 ft/hr dan kedalaman 1423 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) saat terjadi *partial loss* yang digunakan untuk menganalisa spot lumpur *Hi-vis* saat ROP turun sehingga didapat berupa **Gambar IV-5**.



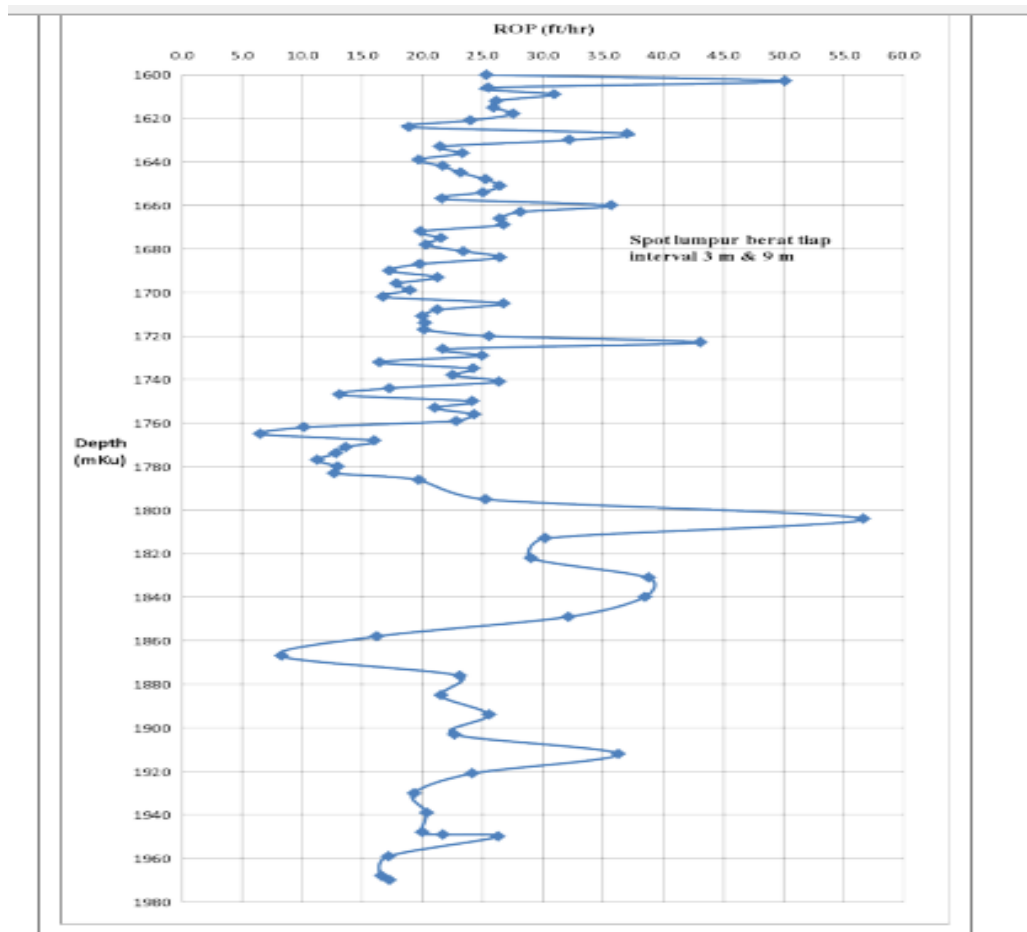
Gambar 4.4. Grafik ROP VS Depth Saat Partial Loss

Berdasarkan **Gambar 4.4** ROP naik turun, ini terjadi akibat terjadinya pemboran kembali serbuk bor yang telah dibor sehingga dilakukan spot lumpur *Hi-vis* setiap 5 meter pada kedalaman 1423 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) untuk menghindari penumpukkan serbuk bor yang lebih banyak yang dapat mengakibatkan pipa terjepit, sehingga setelah dilakukan spot lumpur *Hi-vis* ROP menjadi naik dan saat ROP mengalami penurunan kembali

maka dilakukan spot lumpur *Hi-vis* lagi setiap interval kedalaman 5 meter sampai menembus formasi *total loss*. Pada saat *partial loss* tidak dilakukan *Blind drilling* namun tidak dilakukan oenyumbatan LCM atau plug semen meskipun *partial loss* seharusnya dilakukan untuk menyekat formasi agar mencegah formasi runtuh. Penggunaan LCM juga dapat menyumbat sirkulasi lumpur atau lug pada *mud motor* yang digunakan untuk pemboran berarah. Pemboran pada saat *partial loss* dengan spot lumpur *Hi-vis* setiap 5 meter pada kedalaman 1432 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) berhasil sampai formasi menembus *total loss*.

(meter)	(ft/hr)	(meter)	(ft/hr)	(meter)	ROP (ft/hr)
1600	25,3	1687	19,7	1774	12,8
1603	50,1	1690	17,2	1777	11,2
1606	25,4	1693	21,2	1780	12,9
1609	30,9	1696	17,8	1783	12,6
1612	26,1	1699	18,9	1786	19,6
1615	25,8	1702	16,7	1795	25,2
1618	27,5	1705	26,7	1804	56,6
1621	23,9	1708	21,2	1813	30,2
1624	18,8	1711	19,9	1822	28,9
1627	37,0	1714	20,2	1831	38,7
1630	32,2	1717	20,1	1840	38,4
1633	21,4	1720	25,5	1849	32,1
1636	23,2	1723	43,1	1858	16,2
1639	19,6	1726	21,6	1867	8,2
1642	21,7	1729	24,9	1876	23,1
1645	23,2	1732	16,4	1885	21,5
1648	25,2	1735	24,1	1894	25,5
1651	26,3	1738	22,5	1903	22,6
1654	25,0	1741	26,3	1912	36,2

Data – data drilling parameter pada saat total loss



Rop naik turun terjadi akibat lumpur pemboran kembali kedalam lobang bor sehingga dilakukan spot lumpur hi-vis setiap 3 meter pada kedalaman 1601 mKU sampai 1786 mKU untuk menghindari penumpukan serbuk yang lebih banyak mengakibatkan pipa terjepit, sehingga setelah dilakukan spot lumpur berat ROP menjadi naik dan saat ROP mengalami penurunan kembali maka dilakukan spot lumpur berat bagi setiap interval kedalaman 3 meter pada kedalaman 1601 mKU (1435 mKT) sampai 1786 mKU (1589,2 mKT) dan setiap kedalaman 1786 mKU (1589,2 mKT) sampai *Total Depth* 1970 mKU (1776 mKT). Namun saat terjadi *total loss* terjadi pipa terjepit dua kedalaman yaitu pada kedalaman 1775 mKU dan 1958 mKU yang diperkirakan akibat terlambatnya spot lumpur *Hi-vis* seperti yang terlihat pada grafik, ketika terjadi penurunan ROP sampai 3 kali pada kedalaman 1771, 1774, dan 1777 mKU dan kedalaman 1959, 1968, dan 1970 mKU diantara range ROP 10 sampai 17 ft/hr pada kedalaman itulah terjadi pipa

terjepit akibat terlambatnya spot lumpur berat maka seharusnya spot lumpur dipercepat yang tadinya per 3 meter menjadi 1 meter dan yang tadinya spot lumpur *Hi-vis* setiap 9 meter menjadi 3 meter. Pemboran *blind drilling* dengan spot lumpur berat setiap 3 meter pada kedalaman 1601 mKU (1435 mKT) sampai 1786 mKU (1589,2 mKT) dan 9 meter pada kedalaman 1786 mKU (1589,2 mKT) sampai *Total Depth* 1970 mKU (1776 mKT) berhasil mencapai *Total Depth*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa masalah loss sirkulasi pada sumur X, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat pemboran sumur X terjadi *partial loss* sirkulasi. Pada saat lumpur pemboran masuk 724 gpm, pada kedalaman 1423 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT). Kemudian lumpur keluar 600-700 gpm atau loss 1% - 17% (*partial loss*). Terjadinya *partial loss* akibat formasinya merekah secara alami. Penanggulangan yang dilakukan adalah dengan melanjutkan pemboran dan melakukan spot lumpur *Hi-vis* setiap interval 5 meter dan berhasil sampai menembus formasi terjadinya *total loss*.
2. Pada saat menembus formasi zona *total loss* yaitu pada kedalaman 1601 mKU (1435 mKT) sampai 1970 mKU (1775 mKT). Lumpur pemboran masuk 557 gpm dan tidak ada lumpur keluar (hilang seluruhnya 100%) dikarenakan formasinya rekahan alami. Penanggulangan yang dilakukan adalah dengan melakukan *blind drilling* (pemboran tanpa sirkulasi lumpur pemboran kembali kepermukaan) dan spot lumpur *Hi-vis* setiap interval 3 meter dan 9 meter. Metoda *blind drilling* dan spot *Hi-vis* yang digunakan berhasil mencapai *total depth* pada kedalaman 1970 mKU.
3. Perbedaan tekanan (ΔP) antara tekanan hidrodinamis dan tekanan rekah formasi pada saat *partial loss* (1423 mKU (1286,6 mKT) sampai 1601 mKU (1435 mKT) yaitu 1158 sampai 1514 psi, jauh lebih besar dari pada tekanan hidrodinamis sengg loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi. Sedangkan pada saat *total loss* (1601 mKU (1435 mKT) sampai 1970 mKU (17761 mKT) perbedaan tekanan (Δp) antara tekanan hidrodinamis dan tekanan rekah formasi yaitu 1511 sampai 1995 psi, jauh

lebih besar dari pada tekanan hidrodinamis sehingga loss sirkulasi yang terjadi akibat rekah alami formasi.

5.2 Saran

Disarankan untuk peneliti selanjutnya dapat menganalisis lebih detail mengenai *loss sirkulasi* dan dapat mengatasi *loss sirkulasi* dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A., & Hamid, A. (2015). Seminar Nasional Cendekiawan. *Pengaruh Temperatur Tinggi Setelah Hot Roller Terhadap Rheologi Lumpur Saraline 200 Pada Berbagai Komposisi*, 183–193.
- Aly Rasyid dan Lingga. (2015). *Analisa Properties Fluida Pemboran Dan Lithologi Formasi Terjadinya Lost Circulation Pada Sumur “ E ” Di Lapangan “ Lpp .”* 1–11.
- Dn, T. Y., Yyepg, T., Yyepg, T., & Yyepg, T. (2005). *Drilling Fluids Processing Handbook*. In *Drilling Fluids Processing Handbook*.
- Drs. M. Mustaghfirin Amin, M. (2014). *Lumpur dan Hidrolika LumpurPengeboran*.1–158.
- Frijani Fajri AL Lail, B. S. (2015). *Studi laboratorium pengaruh penambahan konsentrasi kcl dan nacl terhadap sifat fisik lumpur polimer paph di dalam temperatur tinggi setelah roller oven Frijani*. 428–437.
- Hamid, A. (2018). Penggunaan fibroseal dan caco₃ untuk mengatasi masalah lost circulation pada sistem lumpur kcl polymer. *Petro*, 7(2), 43–46.
- Jaffery, M., Wicaksono, A., Pasteris, M., Subhan, M., Amir, B., & Mansur, M. (2016). Case study - Engineered fiber-based loss circulation control pills EFLCC solves total loss circulation challenges on complex depleted and fractured formation in Natuna Sea, Indonesia. *Offshore Technology Conference Asia 2016, OTCA 2016*, 494–506.
- Josef Bima Setiawan. (2021). *Analisis penggunaan lost circulation material (lcm) dalam mengatasi kehilangan lumpur dan kick dari tiga sumur pada lapangangas jbs, jawa timur josef*. 1(1), 2.6.1-2.6.6.
- 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*.
- Melysa, R., & Fitrianti, F. (2017). Analisis Potensi Daya Listrik Pada Sumur Produksi Panas Bumi Dengan Menggunakan Metode Back Pressure Pada Unit XY. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 30–37.

- Mohais, R., Xu, C., Dowd, P. A., & Hand, M. (2016). Enhanced Geothermal Systems. *Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia*, 265–289.
- Mohamad Egy Hilmy, A. H. A. (2015). *evaluasi penggunaan aerated drilling padasumur dindra lapangan panas bumi bpa-08pt.pertamina upstream technologycenter*. 292–296.
- Nakasa, M. A. (2015). Evaluasi Penanggulangan Lost Circulation Pada Sumur M-1 Dan M-2 Lapangan X Phe Wmo. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 252–258.
- Nayberg, T. M., & Linafelter, R. L. (2005). Controlling Cement Circulation Loss To Both High-Permeability and Fractured Formations. *Society of Petroleum Engineers of AIME, (Paper) SPE*, 121–130.
- Novrianti¹, Mursyidah¹, M. I. R. (2015). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir. *Jurnal of Earth Energi Engineering*, 4(2), 15–28.
- Parulian, R. A., Hamid, A. &, & Rosyidan, C. (2017). *penanggulangan lost circulation dengan menggunakan metode under balanced drilling pada sumur y, blok z*. vi(3), 107–115.
- Pradiko.Z.H , A.Hamid.MT, dan P. W. (2017). Analisa Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y. *Jurnal Petro _ Oktober*, 3(3), 2017. <http://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/petro>
- 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.
- Saptadji, N. M. (2016). *Teknik Panas Bumi*. 1–306.
- Sapti, M. (2019). Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi). *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)*, 53(9), 1689–1699.
- Satiyawira, B., & Imanurdana, G. (2019). Evaluasi Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Dan Penanggulangannya Pada Pemboran Sumur-Sumur Lapangan Minyak “X.” *Petro*, 7(4), 152.

- Susilo, J. (2020). *penanganan masalah kick dengan metode reverse circulation*.
10(1), 25–30.
- SYAHRUL. (2013). evaluasi penanggulangan terjadinya loss sirkulasi pada trayek produksi sumur panasbumi “s-1” lapangan u. *ssrn electronic Journal*, *1(2)*, 1– 34.
- Tanjung wicaksana ranukusuma. (2018). *Evaluasi Aerated Drilling Pada Sumur Yp-7Star Energy Geothermal Wayang Windu*. 2018.
- Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, R. S. (2016). analisis pengangkatan cutting dengan metode ctr dan cci sumur d lapangan l trayek 12-1/4” PADA SUHU 200°F. *Laboratorium Penelitian Dan Pengembangan FARMAKA TROPIS Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur, April*, 5–24.