

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF TEPUNG SAGU
RUMBIA (*METROXYLON SP*) TERHADAP FILTRATION LOSS
DAN RHEOLOGY PADA SISTEM LOW SOLID MUD**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MUHAMMAD HANIF ABSHAR

NPM 163210260



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

2022

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF TEPUNG SAGU
RUMBIA (*METROXYLON SP*) TERHADAP FILTRATION LOSS
DAN RHEOLOGY PADA SISTEM LOW SOLID MUD**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MUHAMMAD HANIF ABSHAR

NPM 163210260



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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Hanif Abshar
NPM : 163210260
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Aditif Tepung Sagu Rumbia (*Metroxylon sp*) Terhadap *Filtration Loss* Dan *Rheology* Pada Sistem *Low Solid Mud*

Telah berhasil dipertahankan di depan 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 : Neneng Purnamawati, S.T., M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 30 Agustus 2022

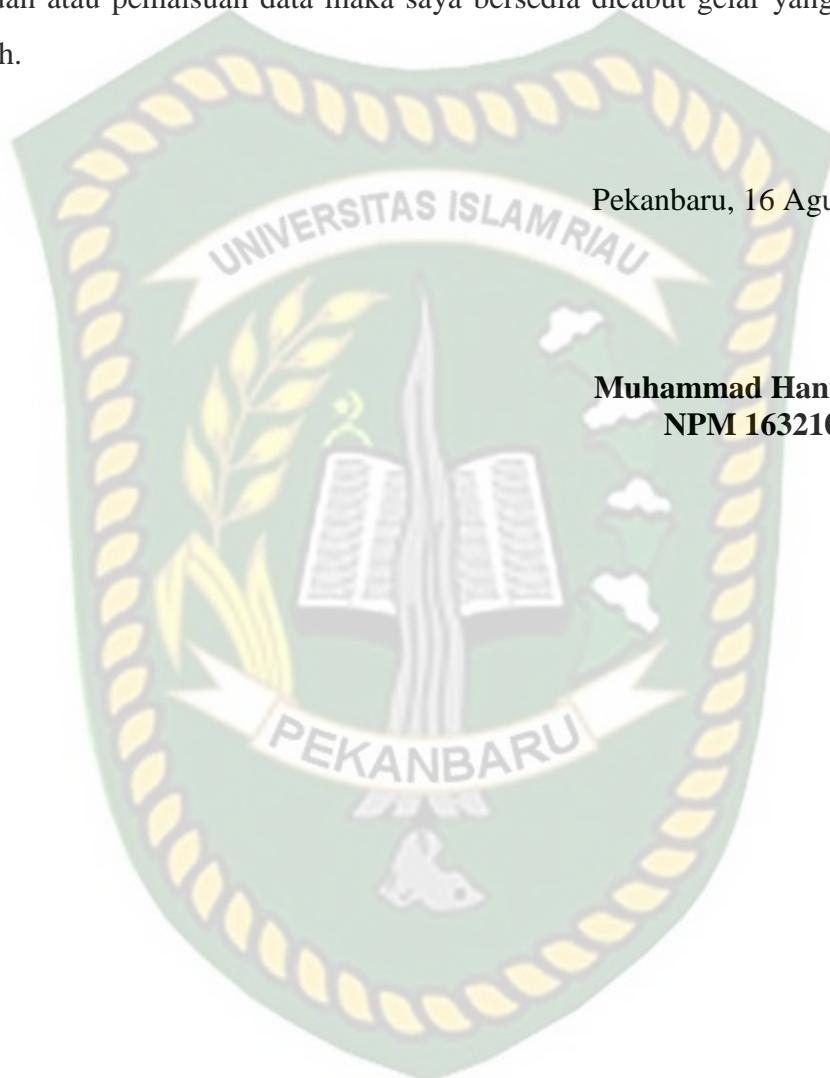
Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**

Novia Rita, S.T., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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



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 Pertambangan, 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. Bapak Idham Khalid, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Fiki Hidayat, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasehat, dan penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Pertambangan.
3. Ibu Novia Rita, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi serta dosen-dosen yang telah banyak membantu terkait perkuliahan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Orang Tua saya Edri Fauzi dan Almarhumah Nurli Hasmiati dan tak lupa pula keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa, serta bantuan materil dan moral sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman satu angkatan serta senior Teknik Pertambangan UIR yang telah mendukung dan membantu saya selama berkuliah di Universitas Islam Riau.
6. *Last but not least. I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

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

Pekanbaru, 16 Agustus 2022

Muhammad Hanif Abshar

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terkait Yang Pernah Dilakukan	4
2.2 <i>Lost Circulation Material</i>	5
2.3 Tepung Sagu Rumbia (<i>Metroxylon sp</i>)	6
2.4 <i>Filtration Loss</i>	10
2.5 <i>Rheology</i> Lumpur Pemboran	12
2.5.1 Densitas (ρ)	12
2.5.2 <i>Viscosity</i> (μ).....	13
2.5.3 <i>Yield Point</i> (Y_P).....	14

2.5.4	<i>Gel Strength (GS)</i>	15
2.6	<i>Low Solid Mud</i>	15
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1	Metode Penelitian.....	18
3.2	Lokasi, Jenis Data dan Sampel Penelitian.....	18
3.3	Alat Dan Bahan Penelitian	18
3.3.1	Peralatan Penelitian	18
3.3.2	Bahan Penelitian.....	21
3.4	Prosedur Penelitian.....	21
3.4.1	Pembuatan Sampel Lumpur	21
3.4.2	Pengujian <i>Filtration Loss</i> dan <i>Mud Cake</i>	22
3.4.3	Pengujian <i>Rheology</i> Lumpur Pemboran.....	22
3.5	Alur Penelitian	25
3.6	Jadwal Penelitian.....	26
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Pengujian <i>Filtration Loss</i> dan <i>Mud Cake</i>	27
4.1.1	Pengujian <i>Filtration Loss</i>	27
4.1.2	Pengujian <i>Mud Cake</i>	29
4.2	Pengujian <i>Rheology</i> Lumpur Pemboran	30
4.2.1	Pengujian Densitas (ρ)	30
4.2.2	<i>Viscosity</i> (μ).....	31
4.2.3	Pengujian <i>Yield Point</i> (Y_P)	35
4.2.4	Pengujian <i>Gel Strength</i> (GS).....	37
BAB V	PENUTUP	39
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	45



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

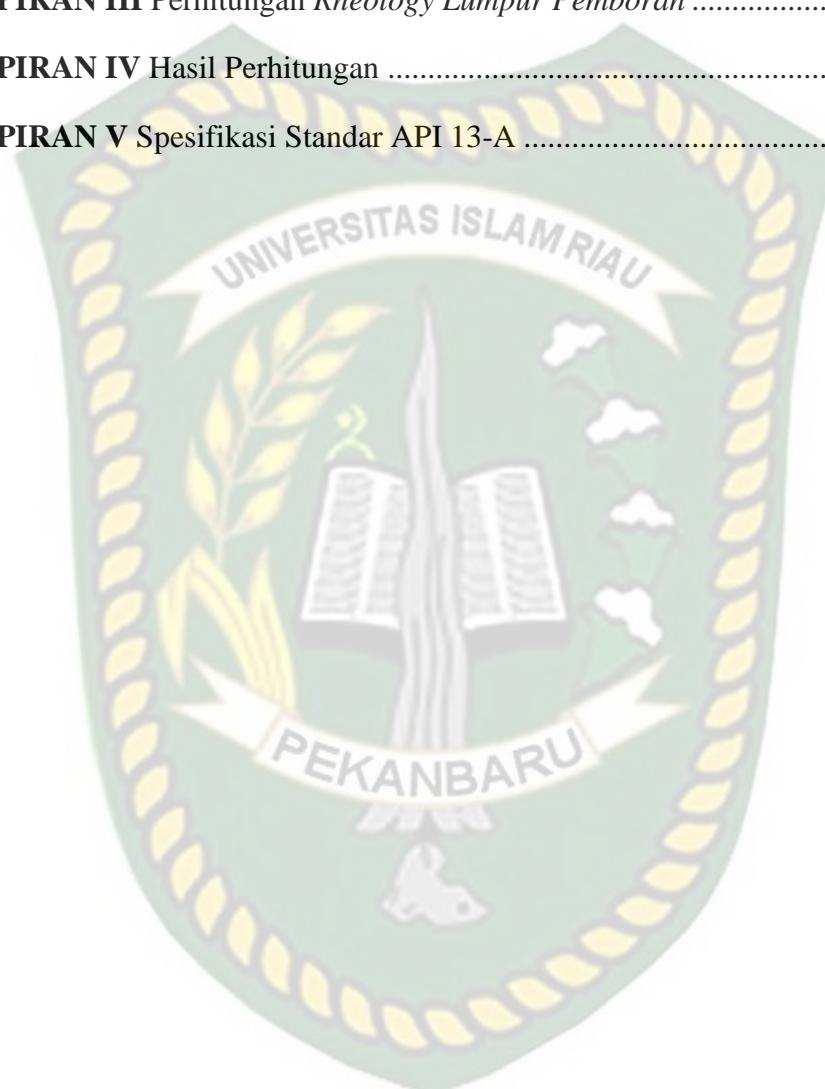
Gambar 2. 1 Pohon Sagu Rumbia (Antaranews.com).....	7
Gambar 2. 2 Pati Sagu Rumbia (Kumparan.com)	7
Gambar 2. 3 Struktur Amilosa ($C_6H_{10}O_5)_n$ Dan Amilopektin ($C_6H_{10}O_5)_n$ (Carvalho, 2012)	8
Gambar 2. 4 <i>Invaded and virgin zone in permeable section of a borehole</i> (Schon, 2015)	11
Gambar 3. 1 Peralatan yang digunakan dalam peneltian.....	20
Gambar 3. 2 Alur Penelitian	25
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian <i>Filtration Loss</i>	28
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian <i>Mud Cake</i>	29
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Densitas (ρ)	30
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian <i>Marsh Funnel Viscosity</i>	32
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian <i>Plastic Viscosity</i> (μ_p).....	33
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian <i>Apparent Viscosity</i> (μ_a).....	34
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian <i>Yield Point</i> (Y_p)	36
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian <i>Gel Strength</i> (GS)	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Sagu.....	8
Tabel 2. 2 Produksi Sagu Indonesia Tahun 2020 dan 2021	9
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	26
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian <i>Filtration Loss</i>	27
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian <i>Mud Cake</i>	29
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengujian Densitas (ρ)	30
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian <i>Marsh Funnel Viscosity</i>	31
Tabel 4. 5 Tabel Hasil Pengujian <i>Plastic Viscosity</i> (μ_p).....	33
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengujian <i>Apparent Viscosity</i> (μ_a).....	34
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian <i>Yield Point</i> (Y_P).....	35
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian <i>Gel Strength</i> (GS)	37

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Komposisi Sampel Lumpur Pemboran	45
LAMPIRAN II	Perhitungan <i>Filtration Loss</i> dan <i>Mud Cake</i>	45
LAMPIRAN III	Perhitungan <i>Rheology Lumpur Pemboran</i>	47
LAMPIRAN IV	Hasil Perhitungan	52
LAMPIRAN V	Spesifikasi Standar API 13-A	53



DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
AV	<i>Apparent Viscosity</i>
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
cp	<i>Centipoise</i>
ft	<i>feet</i>
gr	<i>gram</i>
GS	<i>Gel Strength</i>
Lb	<i>pound</i>
LCM	<i>Lost Circulation Material</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>
ml	<i>mililiter</i>
mm	<i>milimeter</i>
ppg	<i>pound per gallon</i>
PV	<i>Plastic Viscosity</i>
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>
Yp	<i>Yield Point</i>

DAFTAR SIMBOL

V_f	<i>Filtrate Volume, cm³</i>
A	<i>Filtration area, cm²</i>
k	Permeabilitas <i>cake</i> , darcy
f_{sc}	Volume fraksi solid dalam <i>mud cake</i>
f_{sm}	Volume fraksi solid dalam lumpur
P	Tekanan Filtrasi, atm
t	Waktu filtrasi, menit
V	<i>Fluid loss, cm³</i>
V_C	<i>Fluid loss</i> yang dicatat antara menit 7.5 smapai dengan menit 30, cm ³
ρ	Densitas
ρ_m	Densitas Lumpur, ppg
m	Massa Lumpur, lb
v	Volume Lumpur, gallon
τ	<i>Shear stress, dyne/cm²</i>
γ	<i>Shear rate, detik⁻¹</i>
C	<i>Dial Reading, derajat</i>
N	<i>Rotation per minute RPM</i> dari rotor
μ_p	<i>Plastic viscosity, cp</i>
μ_a	<i>Apparent viscosity, cp</i>
C_{600}	<i>Dial reading</i> pada 600 RPM, derajat
C_{300}	<i>Dial reading</i> pada 300 RPM, derajat
Y_p	<i>Yield point, lb/100 ft²</i>
GS	<i>Gel Strength , lb/100 ft²</i>
<	Lebih Kecil

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF TEPUNG SAGU RUMBIA (*METROXYLON SP*) TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *RHEOLOGY* PADA SISTEM *LOW SOLID MUD*

MUHAMMAD HANIF ABSHAR
163210260

ABSTRAK

Pada saat proses pemboran berlangsung banyak faktor-faktor yang menjadi penghambat, salah satunya adalah *filtration loss* atau kehilangan fasa cair lumpur pemboran. Kehilangan fasa cair yang terlalu besar berpengaruh buruk terhadap lumpur pemboran dan formasi, sehingga menyebabkan lumpur akan kehilangan banyak cairan dan *formation damage*. Selain itu, kehilangan fasa cair lumpur pemboran memiliki resiko bahaya yang besar dan membutuhkan biaya yang tinggi dalam penanggulangannya. Terdapat beberapa jenis LCM (*Lost Circulation Material*) yang digunakan sebagai *fluid loss control*, baik dari bahan sintetis ataupun bahan organik. Salah satu bahan yang sering digunakan secara komersial sebagai aditif LCM pada pemboran adalah *carboxymethyl cellulose* (CMC), namun aditif jenis ini harganya cukup mahal. Dalam penelitian ini digunakan pati/starch/tepung sagu rumbia (*Metroxylon sp*) sebagai aditif LCM organik yang mempunyai harga terjangkau dan ramah lingkungan. Tepung sagu rumbia ditambahkan ke lumpur pemboran guna mengurangi kehilangan fasa cair pada lumpur pemboran atau disebut juga sebagai *fluid loss control*. Untuk mengetahui kemampuan tepung sagu rumbia sebagai aditif LCM dalam mengatasi *filtration loss* maka dilakukan pengujian laboratorium dengan cara menentukan *rheology* lumpur pemboran seperti densitas, *viscosity*, *plastic viscosity*, *gel strength*, *yield point*, *filtration loss* dan *mud cake*. Pengujian menggunakan sampel lumpur *low solid mud* dan lumpur tersebut ditambahkan tepung sagu rumbia dengan konsentrasi masing-masing 2 gr, 4 gr, 6 gr, 8 gr dan 10 gr serta campuran air sebanyak 350 ml dan *bentonite* 22,5 gr. Dari hasil pengujian yang dilakukan, penambahan tepung sagu rumbia ke dalam lumpur pemboran memengaruhi nilai *filtration loss* dan *rheology* lumpur. Hasil terbaik didapat pada tepung sagu rumbia dengan konsentrasi massa 10 gr yang memperoleh nilai *filtration loss* 12 ml, *mud cake* 1,2 mm, densitas 8,68 ppg, *marsh funnel viscosity* 59,84 s/quart, *plastic viscosity* 26 cp, *apparent viscosity* 34 cp, *yield point* 16 lb/100 ft² dan *gel strength* 0,75 lb/100 ft². Artinya, penambahan aditif tepung sagu rumbia pada lumpur pemboran dapat dikatakan efektif sebagai LCM yang berguna untuk mencegah terjadinya *filtration loss*.

Kata Kunci : *Filtration Loss*, Tepung Sagu Rumbia, *Loss Circulation Material* (LCM), *carboxymethyl cellulose* (CMC), *Rheology*

THE EFFECT OF ADDITIVE ADDITION OF SAGO RUMBIA FLOUR (*METROXYLON SP*) ON FILTRATION LOSS AND RHEOLOGY IN LOW SOLID MUD SYSTEM

MUHAMMAD HANIF ABSHAR

163210260

ABSTRACT

*During the drilling process, many factors become an obstacle, one of which is filtration loss or loss of drilling mud liquid phase. Too much liquid phase loss adversely affects drilling mud and formation, causing the mud to lose a lot of fluid and formation damage. In addition, the loss of the liquid phase of drilling mud has a great risk of danger and requires high costs in overcoming. There are several types of LCM (Lost Circulation Material) used as fluid loss control, either from synthetic materials or organic materials. One material that is often used commercially as LCM additives in drilling is carboxymethyl cellulose (CMC), but this type of additive is quite expensive. In this study used sago rumbia flour (*Metroxylon sp*) as an organic LCM additive that has an affordable price and environmentally friendly. Sago rumbia flour is added to the drilling mud to reduce the loss of liquid phase in the drilling mud or also known as fluid loss control. To determine the ability of sago rumbia flour as an LCM additive in overcoming filtration loss, laboratory testing is carried out by determining the rheology of drilling mud such as density, viscosity, plastic viscosity, gel strength, yield point, filtration loss and mud cake. Testing using low solid mud and mud samples were added sago rumbia flour with concentrations of 2 gr, 4 gr, 6 gr, 8 gr and 10 gr and a mixture of 350 ml of water and bentonite 22.5 gr. From the results of the tests conducted, the addition of sago Rumbia flour into the drilling mud affects the value of filtration loss and rheology of the mud. The best results were obtained on sago rumbia flour with a mass concentration of 10 g which obtained a filtration loss value of 12 ml, mud cake 1.2 mm, density 8.68 ppg, marsh funnel viscosity 59,84 s/quart, plastic viscosity 26 cp, apparent viscosity 34 cp, yield point 16 lb/100 ft² and gel strength 0, 75 lb/100 ft². That is, the addition of sago sago flour additives to drilling mud can be said to be effective as LCM which is useful for preventing filtration loss.*

Key Word : Filtration Loss, Sago Rumbia flour, Loss Circulation Material (LCM), carboxymethyl cellulose (CMC), Rheology

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemboran di sumur minyak adalah bagian penting dari usaha eksplorasi dan eksploitasi migas. Pemboran bertujuan untuk menghubungkan reservoir dengan permukaan. Pada saat proses pemboran berlangsung banyak faktor-faktor yang menjadi penghambat, salah satunya adalah *filtration loss*. *Filtration loss* adalah kehilangan sebagian fasa cair dari lumpur yang memasuki formasi *permeable*. Kehilangan fasa cair lumpur pemboran ke dalam formasi di area produktif menyebabkan kerusakan formasi, karena rekahan pada batuan reservoir terhalang oleh partikel-partikel di dalam lumpur pemboran (Fitrianti, 2012; Prince et al., 2019). Oleh karena pemilihan lumpur pemboran yang tepat merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pemboran suatu sumur minyak (Ali et al., 2021; Esfandyari Bayat et al., 2021). Untuk itu perlu dilakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui sifat dan komposisi dari lumpur pemboran.

Kehilangan fasa cair dapat menyebabkan hilangnya sirkulasi lumpur (*lost circulation*). *Lost circulation* adalah situasi dimana lebih sedikit cairan lumpur yang kembali dari lubang sumur daripada yang di pompakan ke dalamnya sehingga menyebabkan hilangnya sebagian besar fasa cair lumpur (Prince et al., 2019). *Lost circulation* ini seringkali terjadi pada zona yang *permeable* dimana pori-pori batuan dapat menampung lumpur pemboran sehingga lumpur yang disirkulasikan hilang sebagian maupun seluruhnya (Raharja, 2019). Kehilangan fasa cair lumpur pemboran memiliki resiko bahaya yang besar dan membutuhkan biaya yang tinggi dalam penanggulangannya, sehingga kontrol terhadap lumpur pemboran sangat penting untuk memastikan pengeboran yang aman dan efisien (Zhong et al., 2022). Untuk mengatasi masalah tersebut lumpur pemboran ditambahkan aditif LCM (*Loss Circulation Material*) guna mengurangi kehilangan fasa cair pada lumpur pemboran (Freire et. al., 2021). Pada penelitian ini menggunakan sistem lumpur *low solid mud* atau *Fresh water – gel*. Sistem lumpur ini memiliki nama lain, *spud mud*, yang digunakan untuk mengebor

formasi di bagian atas bagian *conductor casing*. Fungsi utama dari sistem *low solid mud* adalah untuk mengangkat *cutting* dan membuka lubang di permukaan (formasi atas).

Terdapat beberapa jenis LCM yang digunakan sebagai *fluid loss control*, baik dari bahan sintetis ataupun bahan organik. Salah satu bahan yang sering digunakan secara komersial sebagai aditif LCM pada pemboran adalah *carboxymethyl cellulose* (CMC), namun aditif jenis ini harganya cukup mahal (Novrianti, 2019). Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan aditif baru yang efektif dan efisien dalam mengatasi masalah *filtration loss* dengan harga yang terjangkau dan ramah lingkungan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan tepung sagu rumbia (*Metroxylon sp*) sebagai aditif LCM organik yang mempunyai harga terjangkau dan ramah lingkungan.

Menurut data dari Kementerian Pertanian (Kementan, 2021), produksi sagu Indonesia pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 381.065 ton. Jumlah ini menunjukkan sedikit peningkatan sebesar 4,2% dibandingkan tahun lalu sebesar 365.665 ton. Provinsi Riau merupakan provinsi penghasil sagu terbanyak yaitu 261,7 ribu ton pada tahun 2020. Dengan jumlah produksi tepung sagu Indonesia yang banyak maka pada penelitian ini penulis mencoba menggunakan pati/starch/tepung sagu rumbia (*Metroxylon sp*) sebagai aditif LCM, karena pati pada lumpur pemboran memiliki fungsi sebagai *fluid loss control* dan *viscosifier* (Talukdar *et. al.*, 2018). Tepung sagu rumbia tergolong dalam kategori material *fibrous*. Material *fibrous* memiliki sedikit kekakuan, sehingga dapat menghambat sirkulasi yang hilang dengan dipaksa masuk ke dalam rekahan dan menyumbatnya, sehingga dapat mengatasi masalah *lost circulation* pada lumpur pengeboran (Ginting, 2019).

Untuk mengetahui kemampuan tepung sagu rumbia sebagai aditif LCM dalam mengatasi *filtration loss* maka dilakukan pengujian laboratorium. Penelitian ini menghitung parameter-parameter yang terdapat pada *rheology* lumpur seperti densitas, *marsh funnel viscosity*, *plastic viscosity*, *apparent viscosity*, *gel strength*, *yield point*, dan *filtration loss* dengan komposisi massa tepung sagu 2, 4, 6, 8 dan 10 gram pada campuran air 350 ml dan *bentonite* 22,5 gram.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan aditif tepung ragu rumbia (*Metroxylon sp*) dengan komposisi massa 2, 4, 6, 8 dan 10 gram terhadap *filtration loss* dan *rheology* pada sistem *low solid mud*.
2. Membandingkan penggunaan aditif tepung sagu rumbia (*Metroxylon sp*) dengan lumpur pemboran standar.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat untuk mengetahui efektivitas tepung sagu rumbia (*Metroxylon sp*) sebagai LCM dalam mengatasi masalah *filtration loss* pada lumpur pemboran.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini sesuai dan tidak menyimpang dengan tujuan, penelitian ini hanya membahas pengaruh aditif tepung sagu rumbia sebagai LCM terhadap *filtration loss* dan *rheology* pada lumpur pemboran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT telah menjelaskan tentang sumber daya alam yang terdapat di bumi sebagaimana tertera pada Al Quran didalam Surah Al-Baqarah ayat 29 yang artinya “Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu.”

2.1 Penelitian Terkait Yang Pernah Dilakukan

Penelitian ini mengambil beberapa informasi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dan memiliki maksud yang sama sehingga dijadikan sebagai rujukan dalam melakukan penelitian ini.

Penelitian (Ginting, 2019) menggunakan polimer sintesis dan tepung sagu sebagai bahan aditif LCM yang tujuannya untuk mengetahui pengaruh keefektifitas dari kedua bahan tersebut dalam menanggulangi permasalahan kehilangan lumpur pemboran. Setelah itu kedua sampel lumpur tersebut diuji dengan dipanaskan pada temperatur 83° F, 138° F, 193° F, dan 250° F. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lumpur Sistem A dengan polimer sintetik dapat memenuhi sebagian besar standar spesifikasi yaitu sifat fisik dan rheologi lumpur pemboran. Berbeda dengan lumpur sistem B yang memakai tepung sagu dengan berdasarkan standar spesifikasi lumpur pemboran, eksperimen ini hampir sebagian besar tidak terpenuhi. Namun, lumpur sistem B yang menggunakan bahan Tepung Sagu sebagai LCM lebih efektif dalam menanggulangi masalah *filtration loss* pada lumpur pemboran.

Pada penelitian (Novrianti et al., 2021) yang juga menggunakan pati/starch dari singkong sebagai polimer alami. Pati tersebut digunakan sebagai aditif yang memiliki fungsi untuk mengontrol *fluid loss* pada lumpur pemboran. Penelitian diawali dengan menyiapkan singkong yang telah dibersihkan kemudian digiling, disaring, dikeringkan, dan diayak untuk mendapatkan ukuran aditif pati yang sesuai. Pengujian *filtration loss* dan *mud cake* dilakukan dengan peralatan *Low Pressure Low Temperature* (LPLT). Sampel lumpur yang telah disiapkan diuji selama 30 menit. Untuk pengukuran *plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength*

menggunakan alat *Fann VG Meter* untuk mengukur *shear stress*. Kecepatan rotor diatur pada 600, 300, 200, 100, 6 dan 3 RPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *filtration loss* diperoleh sebesar 6,8 – 5,6 ml, ketebalan *mud cake* 0,155 – 0,135 cm, *plastic viscosity* 10 – 20 cp, *yield point* 5 – 15 lb/100 ft² dan nilai *gel strength* adalah 0,4 – 0,6 lb/100 ft². Penambahan pati singkong ke dalam lumpur terbukti dapat mengurangi *filtration loss*, *mud cake* dan dapat meningkatkan *plastic viscosity*, *yield point* serta *gel strength*.

Penelitian (Novrianti et al., 2019) menggunakan pati jagung sebagai aditif yang mengontrol *filtration loss*. *Low Pressure Low Temperature* (LPLT) digunakan untuk menguji *filtration loss* didapatkan hasil *filtration loss* sebesar 14,7 – 12,7 ml, ketebalan *mud cake* 1,5 – 1,1 mm, *viscosity* sebesar 42,38 – 60,02 cp, *plastic viscosity* sebesar 4 – 11 cp, *gel strength* sebesar 0,2 – 0,54 (lb/100 ft²). Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan massa aditif dapat mengurangi *filtration loss* dan *mud cake*. Hal ini berbanding terbalik, dengan peningkatan nilai *viscosity*, *plastic viscosity* dan *gel strength*.

2.2 *Lost Circulation Material*

Lost circulation adalah salah satu masalah serius yang terjadi saat pengeboran sumur minyak. *Lost circulation* terjadi ketika tekanan total pada setiap kedalaman yang diberikan terhadap formasi melebihi *breakdown pressure* (Fatihah Majid et al., 2019). Menurut (Fidan et al., 2004 dalam Fatihah Majid et al., 2019) Sekitar 20% - 25% *blow out* yang terjadi selama pengeboran disebabkan oleh *lost circulation*. Masalah ini terjadi ketika tekanan hidrostatik lumpur pemboran lebih tinggi dari tekanan formasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, ada banyak material yang dapat digunakan sebagai *Lost Circulation Material* (LCM), seperti material organik dan sintetik. Material tersebut biasanya berasal dari selulosa, turunan selulosa, mineral anorganik, karbon grafit sintetis, dan polimer termoplastik (Nasiri Alireza et al., 2017; Prince et al., 2019).

Salah satu aditif LCM yang umum digunakan adalah *carboxymethyl cellulose* (CMC) yang berguna untuk mengikat air dan meningkatkan kekentalan fluida pemboran (Novrianti et al., 2019). Harga aditif ini cukup mahal sehingga pada penelitian ini menggunakan aditif LCM yang berasal dari tumbuhan rumbia yang harganya lebih terjangkau. Aditif LCM yang berasal dari tumbuhan

termasuk dalam jenis material *fibrous* atau berserat (Ghazali, Yusof, et al., 2015). Material *fibrous* memiliki struktur seperti tali sehingga mengurangi ukuran pembukaan pori-pori dan oleh karena itu memungkinkan partikel koloid dalam lumpur untuk mengendap dengan cepat membentuk *filter cake*. *Filter cake* tersebut akan benar-benar menutup formasi dan mencegah terjadinya *lost circulation*. Dengan demikian, material fibrous biasanya digunakan untuk mengontrol hilangnya lumpur pada rekahan besar (Nasiri et al., 2017).

Ada beberapa persyaratan dasar agar LCM menjadi efisien (Prince et al., 2019) :

- a. Lumpur pemboran harus membentuk *mud cake* tipis untuk mencegah pipa terjepit.
- b. *mud cake* harus padat dan tidak mudah pecah.
- c. Lumpur pemboran harus memiliki *gel strength* yang cukup kuat untuk menahan *cutting* ketika operasi pemboran dihentikan selama pergantian mata bor atau selama operasi penyambungan pipa bor.
- d. Material yang digunakan LCM tidak boleh merusak zona produktif dengan mengurangi permeabilitas formasi.

Aditif LCM yang dimasukkan kedalam sistem lumpur berguna untuk meningkatkan ukuran partikel didalam lumpur dan menyumbat pori-pori formasi. Oleh karena itu, ukuran partikel LCM yang dimasukkan ke dalam sistem lumpur merupakan aspek yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Partikel dalam LCM dapat bekerja dengan baik sampai ukuran pori tiga kali lebih besar dari ukuran partikel.

2.3 Tepung Sagu Rumbia (*Metroxylon sp*)

Tanaman sagu (*Metroxylon sp*) merupakan salah satu sumber karbohidrat yang cukup penting setelah beras, ubikayu, jagung dan ubi jalar. Di Indonesia timur, tanaman sagu tersebar di daerah Papua, Maluku dan Sulawesi. Tanaman sagu dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu sagu yang hanya berbunga dan berbuah hanya sekilai dan sagu yang berbunga dan berbuah dua kali atau lebih. Secara garis besar sagu yang berbunga dan berbuah sekali memiliki kandungan pati yang tinggi (Miftahorrahman dan Novarianto, 2003 dalam Halil, Darmawidah, 2006).



Gambar 2. 1 Pohon Sagu Rumbia (Antaranews.com)

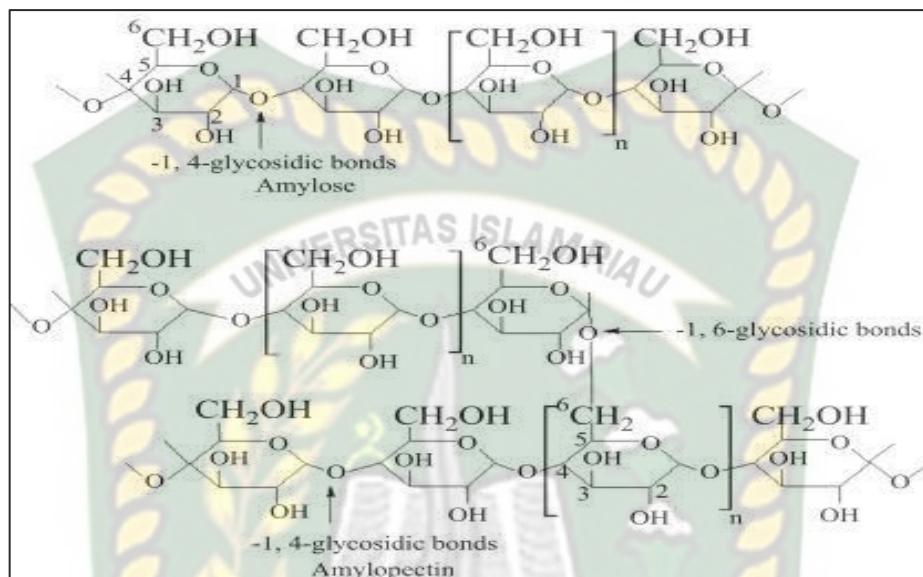
Pati atau tepung sagu berasal dari bagian dalam pohon sagu yang mempunyai tekstur tidak terlalu keras dan memiliki banyak serat. Bagian dalam tersebut diolah dan kemudian dijadikan tepung/*strarch* untuk digunakan menjadi aditif LCM dalam lumpur pemboran. Tepung sagu mengandung sedikit kekakuan karena termasuk dalam kategori bahan *fibrous* yang mengatasi *lost circulation* dengan cara dipaksa masuk ke dalam rekahan dan menyumbatnya untuk menanggulangi masalah *filtration loss* pada lumpur pemboran (Ginting, 2019; Rubiandini, 2009).

Pati ialah polimer glukosa dengan ikatan 1,4 α -glikosida. Sifat pati tergantung pada panjangnya rantai Carbon (C) dan bentuk rantai molekulnya. Pati memiliki dua fraksi yang bisa dipisahkan dengan air panas, yakni amilosa atau fraksi terlarut dengan struktur limis dan fraksi amilopektin tidak larut dengan struktur bercabang (Purwani, 2016).



Gambar 2. 2 Pati Sagu Rumbia (Kumparan.com)

Komposisi kimia pati sagu bervariasi, kandungan amilosa dan amilopektin bervariasi, hal ini dipengaruhi oleh jenis sagu. Kadar amilosa berkisar 20-31% dengan amilopektin 75-85 % (Polnaya et al., 2008). Berikut struktur dan komposisi kimia tepung sagu.



Gambar 2. 3 Struktur Amilosa ($C_6H_{10}O_5)_n$ Dan Amilopektin ($C_6H_{10}O_5)_n$ (Carvalho, 2012)

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Sagu

Komponen	Jumlah (%)
Air	10 - 20
Abu	0,06 - 0,43
Lemak	0,10 - 0,13
Protein	0,20 - 0,32
Serat	3,69 - 5,96
Amilosa	24 - 30

Sumber : (Ahmad et. al., 1999 dalam Halil et al., 2006)

Pati yang ditambahkan pada lumpur pemboran berguna untuk *fluid loss control* dan *viscosifier* (Talukdar et al., 2018).

Menurut data dari Kementerian Pertanian (Kementan, 2021), produksi sagu di Indonesia pada 2021 ditaksir mencapai 381.065 ton. kisaran ini sedikit meningkat dari tahun sebelumnya yaitu sebesar 4,2% atau sekitar 365.665 ton. Produksi sagu tertinggi di Indonesia terdapat di Provinsi Riau , yakni 261,7 ribu

ton pada 2020. Selain itu, ada beberapa daerah lain yang banyak menghasilkan sagu yaitu Papua dengan 67,9 ribu ton dari Papua, 10,04 ribu ton dari Maluku dan 3,6 ribu ton dari Kalimantan Selatan.

Tabel 2. 2 Produksi Sagu Indonesia Tahun 2020 dan 2021

No.	Provinsi	Produksi Sagu (Ton)	
		2020	2021
1	Aceh	1.723	1.722
2	Sumatera Barat	1.748	1.787
3	Riau	261.271	274.807
4	Kepulauan Riau	3.392	3.468
5	Kalimantan Barat	2.708	2.768
6	Kalimantan Selatan	3.643	3.724
7	Kalimantan Timur	5	5
8	Sulawesi Utara	2.696	2.756
9	Sulawesi Tengah	941	943
10	Sulawesi Selatan	3.111	3.259
11	Sulawesi Barat	553	565
12	Sulawesi Tenggara	2.936	3.001
13	Maluku	10.046	10.269
14	Maluku Utara	946	967
15	Papua	67.913	69.421
16	Papua Barat	1.583	1.604
Jumlah		365.665	381.065

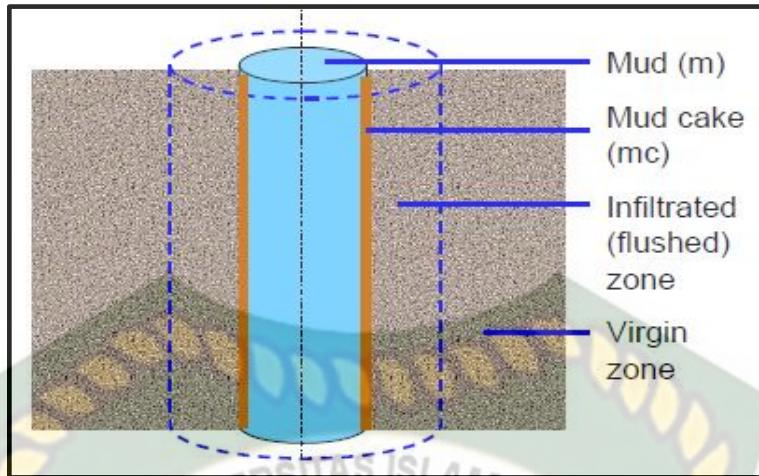
Sumber : (Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2021)

2.4 Filtration Loss

Kehilangan cairan yang terjadi saat operasi pemboran merupakan masalah besar. Terutama, ketika laju sirkulasi dan tekanan diferensial antara cairan yang bersirkulasi dan sumur meningkat, maka akan terjadi kehilangan cairan yang lebih signifikan (Isçan & Kok, 2007). Cairan yang hilang tersebut masuk ke dalam zona formasi sehingga mengakibatkan beberapa kerusakan. Kerusakan tersebut mengakibatkan bertambahnya waktu pemboran, mahalnya biaya pemboran, tersumbatnya formasi produktif, dan hilangnya kontrol sumur (Dias et al., 2015 dalam Freire Soares et al., 2021). Cairan yang hilang ke dalam formasi batuan disebut *filtrate*, sedangkan lapisan partikel besar yang tertahan di permukaan batuan disebut *filter cake* atau *mud cake*. (Rubiandini, 2009).

Menurut (Rubiandini, 2009) *filtration loss* yang tidak terkendali dan pembentukan *mud cake* akan menyebabkan masalah selama operasi pemboran atau saat mengevaluasi formasi dan tahapan produksi. *Mud cake* tipis akan membentuk bantalan yang baik antara pipa bor dan dinding sumur, namun jika terlalu tebal dapat menyebabkan pipa pemboran terjepit, sehingga sulit diangkat dan diputar sedangkan *filtrate* yang masuk ke formasi dapat menyebabkan kerusakan pada formasi. Menurut (Raharja, 2019) kerusakan yang terjadi akibat *filtrate* masuk ke formasi, ialah :

- a. Dinding lubang sumur akan lepas atau runtuh. Ini karena ikatan antara partikel formasi melemah, sehingga dinding lubang cenderung runtuh.
- b. Terjadi *Water Blocking* terjadi karena *filtrate* berupa air menghambat aliran minyak dari formasi ke sumur.
- c. *Differential Sticking*. Hal ini terjadi karena banyaknya *filtration loss* sehingga mengakibatkan *mud cake* yang tebal akan terbentuk. Akibatnya, ketika sirkulasi berhenti dan dengan densitas lumpur yang besar, *drill collar* yang terendam lumpur akan menekan dinding lubang sumur dengan tekanan hidrostatik yang besar..
- d. *Channeling* pada semen karena jika *mud cake* yang tebal tidak dibersihkan akan mengakibatkan ikatan yang buruk antara semen dengan dinding sumur.



Gambar 2.4 Invaded and virgin zone in permeable section of a borehole (Schon, 2015)

Pengukuran volume *filtration loss* dan ketebalan *mud cake* pada kondisi *static filtration* menggunakan rangkaian peralatan untuk LPLT (*Low Pressure – Low Temperature*). Besarnya volume *filtration loss* ini ditentukan dengan memberikan tekanan pada silinder sebesar 100 psi dalam waktu pengukuran selama 30 menit (Zoveidavianpoor & Samsuri, 2016).

Untuk menghitung volume *filtrate* yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan yang diturunkan dari permasamaan Darcy, berikut persamaannya:

Dimana :

- A = Filtration area, cm^2
 k = Permeabilitas cake, darcy
 f_{sc} = Volume fraksi solid dalam mud cake
 f_{sm} = Volume fraksi solid dalam lumpur
 P = Tekanan Filtrasi, atm
 t = Waktu filtrasi, menit
 μ = Viscositas filtrate, cp

Filtration loss dan pembentukan *mud cake* diukur secara bersamaan karena kedua peristiwa ini terkait erat dalam pemboran, baik waktu terjadinya maupun sebab dan akibat. Berikut persamaan yang umum digunakan untuk *static filtration loss* (American Petroleum Institute, 2019) adalah:

Dimana :

V = Fluid loss, cm³

V_c = *Fluid loss* yang dicatat antara menit 7.5 smapai dengan menit 30, cm^3

2.5 *Rheology* Lumpur Pemboran

Rheology lumpur pemboran disebut juga sifat aliran (*flow properties*). Sebagian besar fluida pemboran (kecuali udara dan air jernih) adalah fluida Non-Newtonian. Artinya, viskositas dapat berubah dengan *shear rate*. Fluida Newtonian, seperti air, air garam, atau minyak, memiliki viskositas yang sama walaupun seberapa cepat fluida nya mengalir atau berapapun *shear rate* nya (Bridges & Robinson, 2020). Maka dalam penggunaan fluida pemboran perlu memperhatikan *rheology* dari fluida tersebut. Berikut ini adalah *rheology* fluida pemboran yang perlu diperhatikan.

2.5.1 Densitas (ρ)

Densitas sangat penting diketahui untuk menentukan besarnya tekanan hidrostatik kolom lumpur untuk tiap kedalaman. Lumpur harus dikontrol agar dapat memberikan tekanan hidrostatik yang cukup untuk mencegah masuknya cairan formasi kedalam lubang bor, tetapi tekanan tersebut tidak boleh terlalu besar karena akan mengakibatkan kerusakan formasi dan *filtration loss* (Zakky et al., 2019). Oleh karena itu densitas lumpur pemboran perlu direncanakan sebaik-baiknya dan disesuaikan dengan keadaan tekanan formasi. Densitas suatu fluida adalah berat fluida dibagi volumenya pada temperatur dan tekanan tertentu. Satuan dimensi yang dipakai adalah kg/l, gr/cc dan lb/gal. Densitas lumpur adalah berat lumpur dibagi dengan volume lumpur atau dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\rho_m = \frac{m}{v} \quad \dots \quad (2-3)$$

Dimana :

ρ_m = Densitas Lumpur, ppg

m = Massa Lumpur, lb

v = Volume lumpur, gallon

2.5.2 Viscosity (μ)

Viscosity adalah tahanan terhadap aliran lumpur saat dilakukannya sirkulasi, hal ini terjadi karena adanya pergeseran antara partikel - partikel dari lumpur pemboran. *Viscosity* menunjukkan kekentalan lumpur dalam aliran dimana *viscosity* lumpur memiliki peranan penting dalam mengangkat *cutting* ke permukaan. Semakin tinggi *viscosity* suatu lumpur maka semakin mudah untuk mengangkat *cutting*, namun sebaliknya semakin menurunnya *viscosity* menyebabkan sukitnya pemisahan *cutting* (Ginting, 2019; Luqman Arif, Aris Buntoro, Sudarmoyo, 2001). Berikut *viscosity* yang diukur pada *rheology* lumpur pemboran :

1. Marsh Funnel Viscosity

Marsh Funnel Viscosity menyatakan waktu dalam detik yang dibutuhkan satu quart fluida (946 ml) untuk mengalir keluar dari corong melalui silinder pendek ke dalam gelas ukur. *Marsh Funnel Viscosity* merupakan indikasi langsung dari keseluruhan viskositas lumpur pemboran (Al-Khdheawi & Mahdi, 2019).

2. Plastic Viscosity (PV)

PV adalah suatu tahanan terhadap aliran yang terjadi karena adanya gesekan-gesekan antara padatan didalam lumpur. Selain itu juga untuk menunjukkan pengaruh kandungan padatan terhadap kekentalan lumpur. Besarnya nilai *plastic viscosity* dipengaruhi oleh kandungan padatan, ukuran padatan, dan temperatur. Nilai *plastic viscosity* dihitung dengan mengurangkan *dial reading* 600 rpm dengan 300 rpm pada viskometer (Ginting, 2019; Luqman Arif, Aris Buntoro, Sudarmoyo, 2001). Untuk menentukan *plastic viscosity* (μ_p) dalam *filled unit* digunakan persamaan *Bingham Plastic* berikut :

$$\mu_p = \frac{\tau_{600} - \tau_{300}}{\gamma_{600} - \gamma_{300}} \quad \dots \dots \dots \quad (2-4)$$

Dengan :

Dimana :

τ = Shear stress, dyne/cm²

γ = Shear rate, detik⁻¹

C = Dial Reading, derajat

N = *Rotation per minute* RPM dari rotor

Dengan memasukkan persamaan (2-5) dan (2-6) ke dalam persamaan (2-4) didapat:

Dimana :

μ_P = Plastic viscosity, cp

C_{600} = Dial reading pada 600 RPM, derajat

C_{300} = Dial reading pada 300 RPM, derajat

3. Apparent Viscosity (AV)

AV adalah viskositas fluida di bawah gaya tertentu atau pada laju aliran tertentu (Özkan & Kaplan, 2019). AV merupakan hubungan antara *shear stress* dan *shear rate*. Nilai dari AV ini didapat dari hasil *dial reading* 600 rpm dibagi dua (Al-Khdheeawi & Mahdi, 2019; Zakky et al., 2018).

Dimana :

μ_a = Apparent Viscosity, cp

C_{600} = Dial reading pada 600 RPM, derajat

2.5.3 Yield Point (Y_P)

Sifat yang menunjukkan tekanan minimum yang harus diberikan pada fluida agar fluida dapat mengalir disebut *yield point*. Hal ini disebabkan adanya gaya tarik menarik antar partikel yang ada di dalam lumpur. Tahanan terhadap aliran disebabkan oleh gaya elektrokimia antara padatan-padatan, cairan-cairan dan padatan-cairan yang dinyatakan dalam satuan lbs/100 ft² dan dapat diukur dengan alat *fann VG meter*. Untuk membersihkan lubang bor secara optimal, diperlukan nilai *yield point* yang tinggi, yang sebaliknya menyebabkan penurunan tekanan yang besar. (Raharja, 2019). *Yield point* dihitung dengan pengurangan pembacaan

300 rpm dengan *plastic viscosity* (Luqman Arif et. al., 2001). Untuk menentukan *yield point* (Y_p) digunakan persamaan *Bingham Plastic* berikut :

$$Y_p = C_{300} - \mu_p \quad \dots \dots \dots \quad (2-9)$$

Dimana :

Y_p = *Yield point*, lb/100 ft²

C_{300} = *Dial reading* pada 600 RPM, derajat

μ_p = *Plastic viscosity*, cp

2.5.4 Gel Strength (GS)

Gel strength adalah gaya tarik-menarik antara partikel-partikel padatan lumpur pada saat lumpur tidak disirkulasikan (*static condition*). Pada saat *static condition*, lumpur harus memiliki *gel strength* yang mampu menahan *cutting* dan material pemberat lumpur agar tidak bergerak turun (Satiyawira, 2019). Apabila *gel strength* terlalu tinggi akan membebani kerja pompa lumpur pemboran untuk memulai sirkulasi kembali (Raharja, 2019).

Besarnya *gel strength* dalam 100 lb/ft² diperoleh secara langsung dari pengukuran dengan *fann VG meter*. Simpangan skala penunjuk karena digerakkannya rotor pada kecepatan 3 RPM, langsung menunjukkan harga *gel strength* 10 detik atau 10 menit dalam 100 lb/ft². Untuk menentukan *gel strength* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Gel Strength} = \frac{\text{Simpangan Maksimum 10 detik}}{\text{Simpangan Maksimum 10 menit}} \quad \dots \dots \dots \quad (2-10)$$

2.6 Low Solid Mud

Lumpur pemboran digunakan untuk membersihkan dasar sumur dari *cutting* dan mengangkatnya ke permukaan untuk membantu operasi pemboran agar pemboran dapat berjalan dengan baik. (Satiyawira, 2019). Lumpur pemboran terdiri dari fluida dasar dan berbagai aditif padat dan terlarut yang melakukan fungsi tertentu untuk memungkinkan kinerja pemboran yang baik (A. T. Al-Hameedi et al., 2019). Kinerja lumpur pemboran adalah faktor yang mempengaruhi efisiensi pengeboran secara keseluruhan. Lumpur pemboran berpengaruh pada kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan dan biaya pemboran (A. T. T. Al-Hameedi et al., 2019; Rubiandini, 2009). Fungsi lumpur antara lain :

- a. Media pengangkatan *cutting* ke permukaan.
- b. Mendinginkan dan melumasi *bit* dan *drill string*.
- c. Membentuk *mud cake* pada dinding lubang bor.
- d. Mengontrol tekanan formasi.
- e. Membawa *cutting* dan material-material pemberat pada fluida pemboran ketika sirkulasi lumpur dihentikan sementara.
- f. Melepaskan pasir dan *cutting* di permukaan.
- g. Menahan sebagian berat *drill pipe* dan *casing* (*Bouyancy effect*).
- h. Mendapatkan informasi (*mud log*, *sample log*).
- i. Media *logging*.

Pada penelitian ini menggunakan sistem lumpur *low solid mud* atau *Fresh water – gel*. Sistem lumpur ini memiliki nama lain, *spud mud*, yang digunakan untuk mengebor formasi di bagian atas bagian *conductor casing*. Fungsi utama dari sistem *low solid mud* adalah untuk mengangkat *cutting* dan membuka lubang di permukaan (formasi atas). *Spud mud* terdiri dari dua komponen utama yaitu campuran air dan *bentonite* yang membentuk koloid. Volume lumpur yang dibutuhkan biasanya kecil dan terdiri dari air dan *bentonite* (*yield* 100 bbl/ton) atau *clay* air tawar yang lain (*yield* 35 - 50 bbl/ton). Saat mengebor zona *loss* penambahan *bentonite* diperlukan untuk meningkatkan *viscosity* dan *gel strength*. Jika terjadi *fluid loss* perlu ditambahkan *lost circulation material* (LCM).

Kelebihan penggunaan sistem *low solid mud* yaitu :

- a. Pembentukan sifat fisik yang baik.
- b. Biaya yang lebih terjangkau.
- c. Tidak mudah korosif.

Kekurangan dari penggunaan sistem *low solid mud* yaitu:

- a. Tidak dapat menembus formasi yang keras.
- b. Tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- c. Membutuhkan aditif tambahan untuk melanjutkan pemboran yang lebih dalam.

Sistem lumpur yang paling banyak digunakan dalam operasi pemboran adalah sistem lumpur berbasis *fresh water – gel* karena keefektivitasan biaya, ramah lingkungan, aman dan lebih efisien dibandingkan dengan sistem lumpur

lainnya (Ali et al., 2021). Bahan dasarnya adalah air (*water-based mud*), dengan fase cair air (*continuous*) dan berfungsi sebagai pelarut atau penahan material dalam lumpur (Rubiandini, 2009).



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *experimental research* atau penelitian eksperimental laboratorium. Tahapan awal membuat lumpur pemboran standar dan lumpur dengan tambahan aditif tepung sagu rumbia dengan 5 variasi massa yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 gram. Selanjutnya dilakukan pengujian *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran standar dan lumpur dengan penambahan aditif tepung sagu rumbia. Terakhir melakukan analisa terhadap hasil percobaan yang telah dilakukan.

3.2 Lokasi, Jenis Data dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer berupa data *filtration loss* dan hasil uji *rheology* lumpur pemboran standar dan lumpur yang ditambahkan aditif tepung sagu rumbia. Penelitian ini juga menggunakan referensi pendukung seperti *paper*, jurnal, buku pegangan pelajaran Teknik Perminyakan. Sampel tepung sagu rumbia yang digunakan berasal dari Provinsi Riau.

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

3.3.1 Peralatan Penelitian



1. Timbangan Digital



2. Gelas Ukur



3. Stopwatch



4. Sieve



5. Mud Mixer



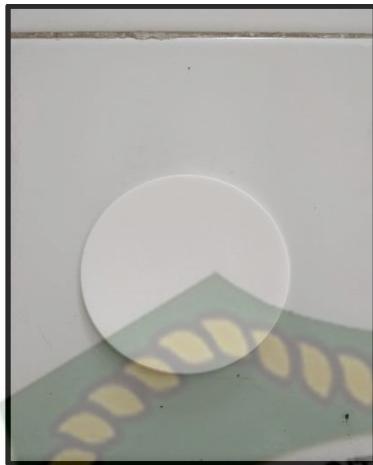
6. Mud Balance



7. Vann FG Meter



8. Perangkat LPLT



9. Filter Paper



10. Jangka Sorong

Gambar 3. 1 Peralatan yang digunakan dalam peneltian

1. Timbangan Digital

Digunakan untuk mengukur berat dan menimbang jumlah bahan baku dan aditif yang digunakan dalam persiapan sampel lumpur pemboran.

2. Gelas Ukur

Digunakan untuk mengukur volume air yang akan digunakan untuk membuat lumpur standar dan lumpur yang ditambahkan aditif, serta mengukur volume *filtrate*.

3. Stopwatch

Digunakan untuk mengukur waktu saat pengujian *gel strength*.

4. Sieve

Berfungsi untuk menyaring dan memilah sampel agar didapatkan ukuran butiran sampel yang di inginkan.

5. Mud Mixer

Digunakan untuk mengaduk bahan-bahan suspensi lumpur dan semua aditif agar tercampur merata.

6. Mud Balance

Berfungsi untuk mengukur densitas lumpur pemboran.

7. Fann VG Meter

Digunakan untuk mengukur *Plastic Viscosity*, *Yield Point*, dan *Gel strength*.

8. *Low Pressure Low Temperature (LPLT)*

Digunakan untuk mengukur jumlah banyaknya *filtrate* yang keluar dari lumpur pemboran. Selain itu LPLT digunakan untuk mengetahui ketebalan *filter cake* atau *mud cake*.

9. *Filter Paper*

Digunakan untuk menyaring *filtrate* lumpur yang tidak ikut turun bersama cairan *filtrate* pada alat LPLT.

10. *Cup & Marsh Funnel*

Digunakan untuk menghitung nilai *viscosity* pada lumpur pemboran.

11. *Jangka Sorong*

Digunakan untuk mengukur ketebalan *mud cake* yang dihasilkan dari *filtrate* lumpur setelah dilakukannya pengukuran dengan *standard filter press* selama 30 menit, dengan tekanan 100 psi.

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Air
2. *Bentonite*
3. Tepung Sagu Rumbia

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Sampel Lumpur

Berikut langkah pembuatan lumpur standar di Laboratorium menurut (*API Specification 13A, 2019 dalam Bridges & Robinson, 2020*) sebagai berikut :

1. Menyiapkan *Mud Mixer* dan *Cup Mixer*.
2. Menimbang 22,5 gram *bentonite* dan menyiapkan 350 ml air.
3. Menambahkan tepung sagu rumbia sesuai dengan variasi yang telah ditentukan yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 gram.
4. Mengaduk *bentonite* dan air dengan *mud mixer* selama 20 menit. Sampel lumpur kemudian didiamkan dalam keadaan tertutup rapat pada suhu ruang selama 16 jam.
5. Setelah 16 jam lumpur diaduk kembali dengan menggunakan *mud mixer* selama 5 menit.

3.4.2 Pengujian *Filtration Loss* dan *Mud Cake*

Pengujian *Filtration Loss* dengan menggunakan alat API *filter press Low Pressure Low Temperature* (LPLT). Berikut ini prosedur pengujian *filtration loss* dan *mud cake* (API RP 13B-1, 2017),

1. Siapkan alat *filter press* dengan cara menempelkan *filter paper* serapat mungkin. Selanjutnya, posisikan gelas ukur di bawah silinder untuk mengumpulkan *fluid filtrate*.
2. Sampel lumpur dituangkan ke dalam silinder sampai batas 1 inci di bawah permukaan silinder, diukur dengan jangka sorong dan tutupnya segera ditutup rapat.
3. Mengalirkan udara bertekanan 100 psi.
4. Volume *filtrate* dicatat sebagai fungsi waktu dengan *stopwatch*. Dengan pencatatan volume *filtrate* pada waktu ke 7,5 menit dan pencatatan terakhir saat waktu ke 30 menit.
5. Hentikan penekanan udara, buang tekanan udara dengan silinder (*bleed off*) dan sisa lumpur dalam silinder dituangkan kembali kedalam *mixer cup*.
6. Mengukur tebal *mud cake* yang terbentuk dengan jangka sorong.

3.4.3 Pengujian *Rheology* Lumpur Pemboran

Setelah membuat sampel lumpur selanjutnya melakukan pengujian *rheology*. Pengujian *rheology* menggunakan alat *Mud Balance* dan *Fann VG Meter*. Berikut parameter *rheology* yang akan diukur meliputi densitas, *marsh funnel viscosity*, *apparent viscosity*, *plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength*. Berikut tahap-tahap pengujinya (API RP 13B-1, 2017):

1. Mengukur Densitas Dengan *Mud Balance*
 - a. Mengkalibrasi peralatan *Mud Balance* sebagai berikut:
 - 1) Membersihkan peralatan *Mud Balance*.
 - 2) Mengisi cup dengan air hingga penuh, lalu menutup dan membersihkan bagian luarnya.
 - 3) Meletakkan kembali *Mud Balance* pada kedudukannya semula.
 - 4) Menempatkan *Reader* pada skala 8,33 ppg.

- 5) Memastikan pada *level glass*, bila tidak seimbang, atur *Calibration Srew* sampai seimbang.
 - b. Mengambil benjana dan mengisi cup *Mud Balance* dengan lumpur yang telah dibuat.
 - c. Menutup *cup* dan lumpur yang melekat pada dinding bagian luar dan menutup *cup* membersihkan sampai bersih.
 - d. Meletakkan *balance arm* pada kedudukannya semula, lalu mengatur *rider* hingga seimbang. Membaca densitas yang ditunjukkan oleh skala.
2. Mengukur *Marsh Funnel Viscosity*
 - a. Bagian bawah *marsh funnel* ditutup dengan jari. Selanjutnya lumpur dituang melalui saringan hingga menyentuh dasar saringan (1,5 liter).
 - b. Setelah menyiapkan bejana dengan isi tertentu (1 quart = 946 ml), pengukuran dimulai dengan membuka jari agar lumpur mengalir dan tertampung di dalam bejana.
 - c. Catat waktu yang dibutuhkan lumpur untuk mengisi bejana yang tertentu isinya tadi (dalam detik).
 3. Mengukur *Plastic Viscosity*, *Apparent Viscosity*, *Yield Point* dengan *Fann VG Meter*
 - a. Bejana diisi dengan sampel lumpur sampai batas yang ditentukan.
 - b. Letakkan bejana pada tempatnya dan atur posisinya agar *rotor* dan *bob* terendam lumpur sesuai batas yang telah ditentukan..
 - c. *Rotor* digerakkan pada posisi *high* dengan kecepatan *rotor* 600 rpm. Lakukan putaran hingga kedudukan skala (dial) mencapai titik setimbang. Kemudian tuliskan harga yang ditampilkan oleh skala.
 - d. Lakukan pengukuran untuk kecepatan 300 rpm dengan cara yang sama seperti di atas.
 - e. Menghitung nilai *plastic viscosity* dengan cara mengurangkan *dial reading* pada 600 rpm dengan 300 rpm.

- f. Menghitung nilai *apparent viscosity* dengan cara hasil *dial reading* pada 600 rpm dibagi dua.
 - g. Menghitung *yield point* dengan cara mengurangkan *dial reading* pada 300 rpm dengan nilai *plastic viscosity*.
4. Mengukur *Gel Strength* dengan *Fann VG Meter*
 - a. Lumpur diaduk dengan *Fann VG Meter* dengan kecepatan 600 rpm selama 10 detik.
 - b. Matikan alat *Fann VG Meter*, kemudian diamkan lumpur selama 10 detik.
 - c. Setelah 10 detik, rotor digerakkan pada 3 rpm. Kemudian baca simpangan maksimum pada skala penunjuk.
 - d. Lumpur diaduk kembali dengan *Fann VG Meter* pada kecepatan *rotor* 600 RPM selama 10 detik.
 - e. Ulangi kerja diatas untuk *gel strength* 10 menit (untuk *gel strength* 10 menit, lama pendiaman lumpur 10 menit).

3.5 Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

3.6 Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama 6 bulan yang dimulai dari bulan Februari 2022 sampai dengan bulan Agustus 2022.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)													
		Februari 2022		Maret 2022		Juni 2022		Juli 2022				Agustus 2022			
		3	4	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Studi Literatur dan Pembuatan Proposal														
2	Seminar Proposal														
3	Pengujian Sampel														
4	Analisa Hasil														
5	Membuat Laporan Hasil														
6	Seminar Hasil														

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian *Filtration Loss* dan *Mud Cake*

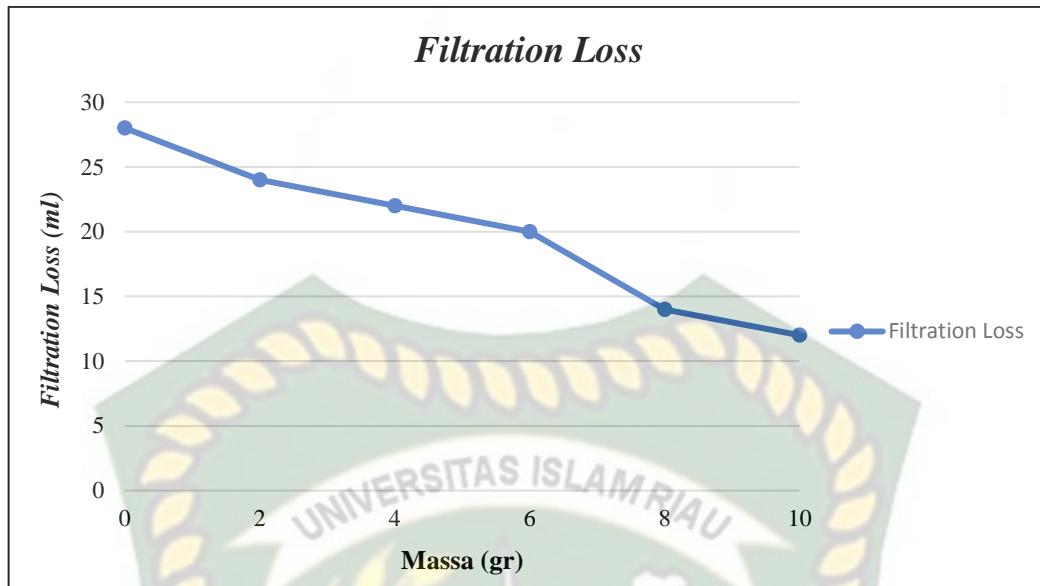
4.1.1 Pengujian *Filtration Loss*

Pengujian *filtration loss* dan *mud cake* pada lumpur *low solid mud* dengan menggunakan perangkat alat LPLT pada tekanan 100 psi. Pengujian dilakukan pada kondisi statis dengan menggunakan sampel lumpur yang komposisinya terdiri dari *bentonite* sebanyak 22,5 gr, air 350 ml dan ditambahkan aditif tepung sagu rumbia dengan 5 variasi massa yaitu, 2, 4, 6, 8 dan 10 gram.

Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian beserta grafik perbandingan antara sampel lumpur standar dan lumpur yang menggunakan aditif tepung sagu rumbia.

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian *Filtration Loss*

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	<i>Filtration Loss</i> (ml)	Standar API <i>Filtration Loss</i> (ml)
Standar	0	22,5	350	28	Max. 15
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	24	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	22	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	20	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	14	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	12	



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian *Filtration Loss*

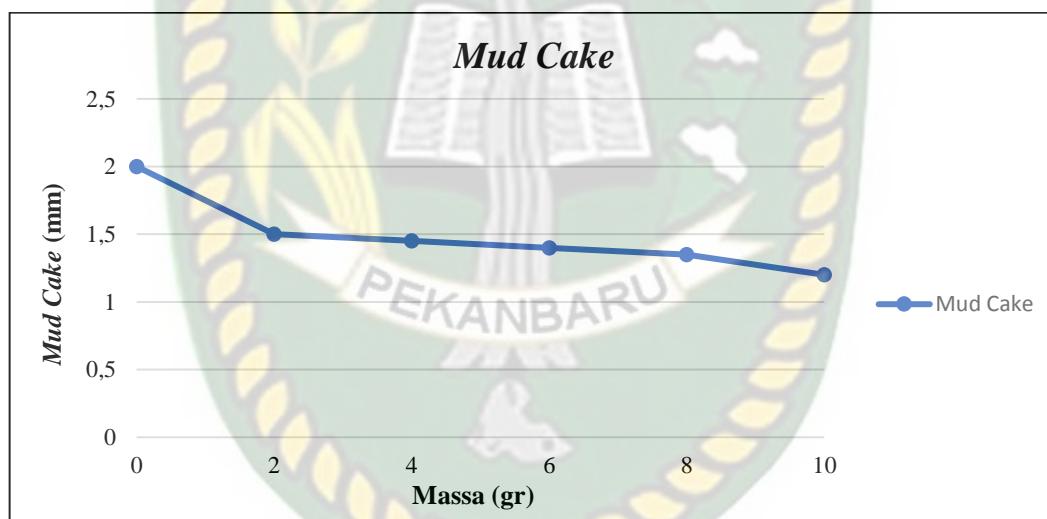
Dari hasil pengujian terlihat penurunan nilai *filtration loss* pada lumpur setelah ditambahkan aditif tepung sagu rumbia. Pada lumpur standar nilai *filtration loss* didapat hasil 28 ml sedangkan dengan penambahan aditif tepung sagu rumbia didapat hasil 24 – 12. Namun, hanya pada dua sampel dengan variasi massa tepung sagu rumbia 8 gr dan 10 gr yaitu 14 dan 12 ml yang memenuhi standar API *filtration loss* (< 15 ml/30 menit).

Penambahan massa aditif berpengaruh terhadap nilai *filtration loss*, semakin tinggi massa aditif maka akan semakin rendah nilai *filtration loss* yang didapat. Hal ini dikarenakan komponen padat didalam lumpur juga ikut meningkat. Penurunan nilai *filtration loss* dikarenakan tepung sagu rumbia termasuk dalam kategori bahan *fibrous* atau berserat sehingga dapat mengatasi *lost circulation* dengan cara dipaksa masuk ke dalam rekahan dan menyumbatnya untuk menanggulangi masalah *filtration loss* pada lumpur pemboran (Ghazali, Yusof, et al., 2015; Ginting, 2019). *Filtration loss* harus dihindari dan dikurangi seminimal mungkin karena kehilangan sebagian fasa fluida yang lebih tinggi ke dalam formasi dapat menyebabkan kerusakan formasi di sekitar sumur (Ghazali, Alias, et al., 2015).

4.1.2 Pengujian *Mud Cake*

Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian *Mud Cake*

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	<i>Mud Cake</i> (mm)	Standar API <i>Mud Cake</i> (mm)
Standar	0	22,5	350	2	Max. 4
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	1,5	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	1,45	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	1,4	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	1,35	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	1,2	



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian *Mud Cake*

Dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.2 ketebalan *mud cake* mengalami penurunan ketika massa tepung sagu bertambah yang semula 2 mm pada lumpur standar. Penambahan tepung sagu pada sampel lumpur mengakibatkan penambahan partikel padat pada lumpur pemboran. Menurut (Novrianti et al., 2021) penambahan partikel padat akan menghasilkan lapisan *mud cake* yang tipis.

Dari seluruh variasi massa tepung sagu yang ditambahkan ke lumpur menghasilkan *mud cake* dengan ketebalan dibawah 4 mm (Özkan & Kaplan, 2019). Artinya, seluruh sampel lumpur tersebut telah memenuhi standar API *mud*

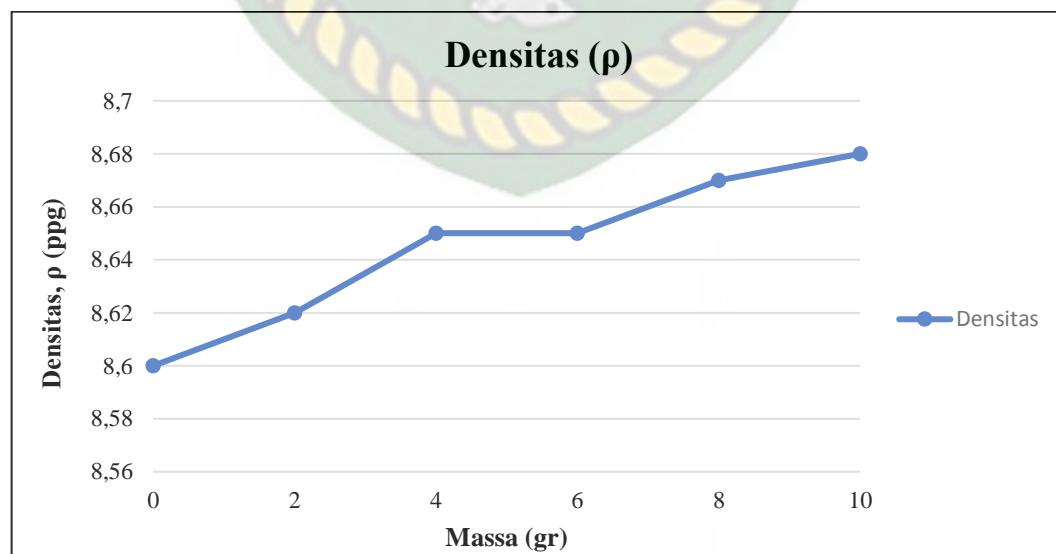
cake. Ketebalan *mud cake* diukur untuk mengetahui kemampuannya dalam mengurangi *filtration loss*. *Mud cake* yang terbentuk diharapkan memiliki lapisan yang tipis dan mampu menahan lumpur pemboran di dalam lubang sumur. *Mud cake* penting ketika terjadi *filtration loss* yang dapat menyebabkan kerusakan formasi. Oleh karena itu, *mud cake* perlu dibentuk secepat mungkin untuk mencegah kerusakan formasi akibat partikel terbawa masuk saat terjadi *filtration loss* (Fatihah Majid et al., 2019).

4.2 Pengujian *Rheology* Lumpur Pemboran

4.2.1 Pengujian Densitas (ρ)

Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengujian Densitas (ρ)

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	Densitas, ρ (ppg)	Standar API Densitas, ρ (ppg)
Standar	0	22,5	350	8,6	8,5 – 9,6
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	8,62	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	8,65	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	8,65	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	8,67	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	8,68	



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Densitas (ρ)

Dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.3 densitas mengalami kenaikan yang mana awalnya 8,6 ppg pada lumpur standar menjadi 8,68 pada lumpur dengan massa aditif tepung sagu 10 gr. Artinya ketika massa aditif tepung sagu bertambah maka densitas juga akan bertambah. Berdasarkan standar spesifikasi API untuk densitas pada suhu ruangan yaitu 8,65 – 9,6 ppg (Wilfred & Akinade, 2016). Berdasarkan spesifikasi tersebut nilai densitas pada setiap variasi massa aditif tepung sagu memenuhi standar API.

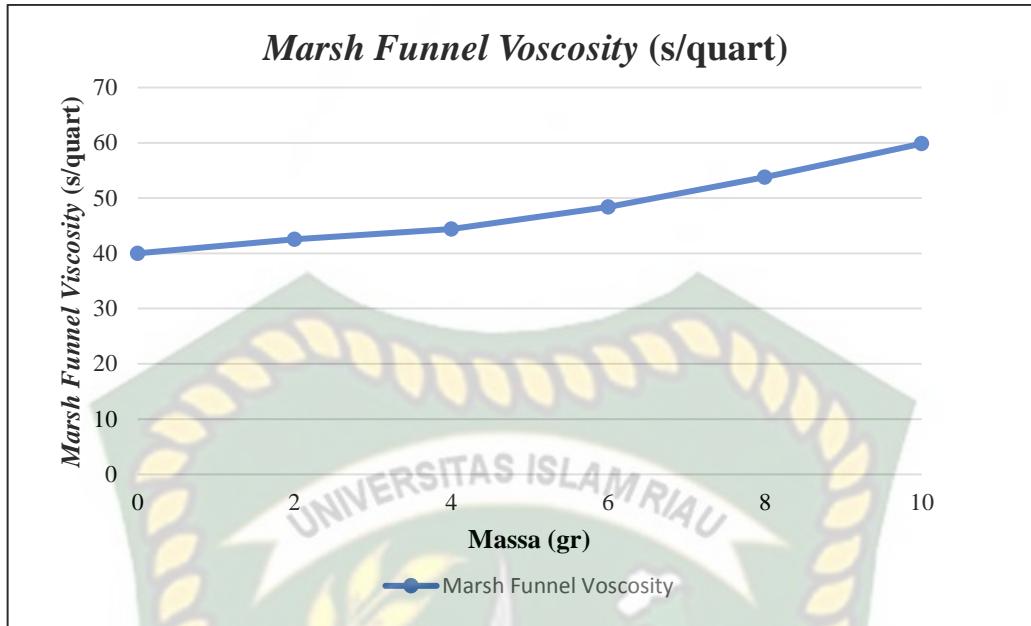
Densitas lumpur pemboran mempengaruhi nilai tekanan hidrostatis pada saat proses pemboran. Apabila nilai densitas lumpur pemboran besar maka tekanan hidrostatis juga besar. Tekanan hidrostatis yang terlalu besar dan melebihi tekanan formasi akan menyebabkan terjadinya kehilangan cairan pada sumur pemboran (*lost circulation*). Selain itu, densitas yang rendah akan menyebabkan besarnya tekanan hidrostatik yang diberikan lumpur kepada formasi lebih kecil dari tekanan formasi itu sendiri sehingga sudah mengakibatkan cairan formasi akan mendesak lumpur dalam sumur tersebut dan berpotensi menimbulkan *well kick* (Rubiandini, 2012).

4.2.2 Viscosity (μ)

1. Marsh Funnel Viscosity

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *Marsh Funnel Viscosity*

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	Marsh Funnel Viscosity, (s/quart)	Standar API Marsh Funnel Viscosity, (s/quart)
Standar	0	22,5	350	40	40 – 60
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	42,54	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	44,37	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	48,39	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	53,77	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	59,84	



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian *Marsh Funnel Viscosity*

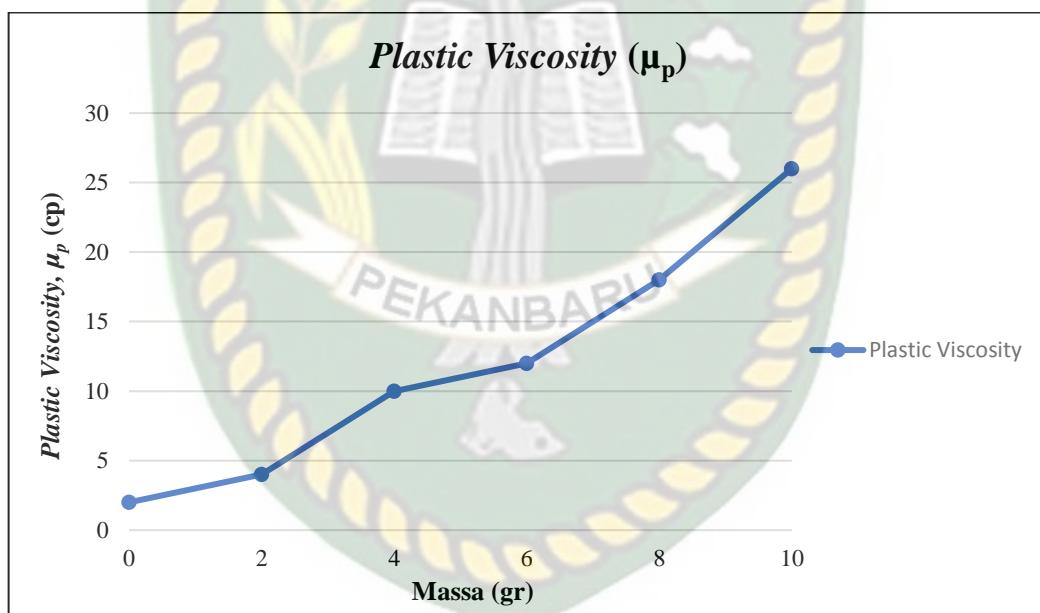
Dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.4 *marsh funnel viscosity* mengalami kenaikan yang mana awalnya 40 s/quart pada lumpur standar menjadi 59,84 s/quart pada lumpur dengan massa aditif tepung sagu 10 gr. Artinya ketika massa aditif tepung sagu bertambah maka *viscosity* juga akan bertambah. Hal ini karena tepung/pati memiliki sifat *viscosifier* (Novrianti et al., 2019). Berdasarkan standar spesifikasi API untuk *marsh funnel viscosity* yaitu 40 – 60 s/quart (Ginting, 2019). Berdasarkan spesifikasi tersebut nilai *marsh funnel viscosity* pada setiap variasi massa aditif tepung sagu memenuhi standar API.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bertambahnya massa aditif tepung sagu akan meningkatkan nilai *viscosity* lumpur. Namun penurunan perlu diperhatikan karena jika *viscosity* lumpur menjadi terlalu kecil maka pengangkatan *cutting* kurang sempurna dan dapat mengakibatkan *cutting* tertinggal di dalam lubang sumur sehingga dapat menyebabkan terjepitnya rangkaian pipa pemboran.

2. Plastic Viscosity (μ_p)

Tabel 4. 5 Tabel Hasil Pengujian Plastic Viscosity (μ_p)

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	Plastic Viscosity, μ_p (cp)	Standar API Plastic Viscosity, μ_p (cp)
Standar	0	22,5	350	2	Min. 7
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	4	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	10	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	12	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	18	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	26	



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Plastic Viscosity (μ_p)

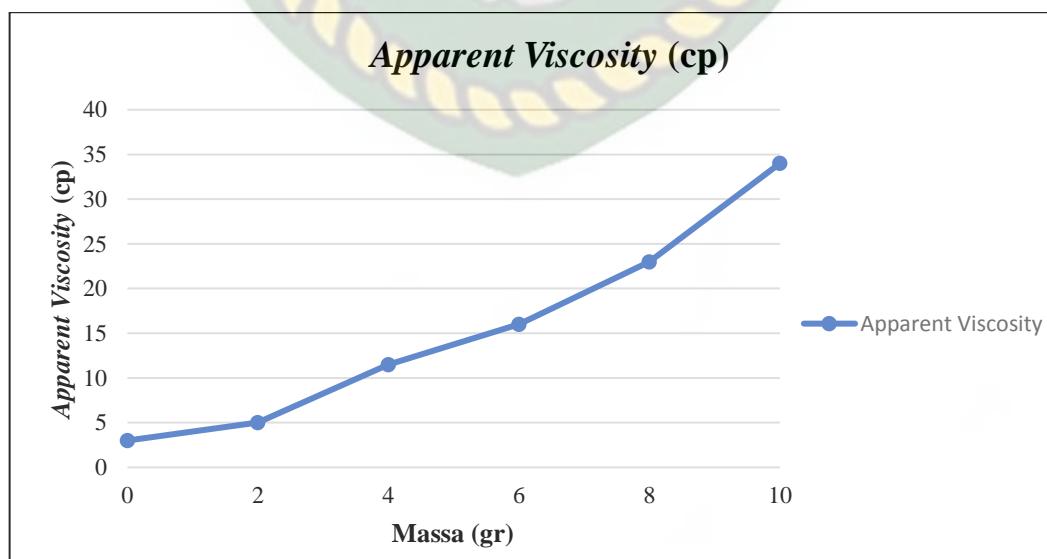
Plastic viscosity adalah tahanan pada aliran akibat adanya pergerakan antara padatan-padatan, padatan-cairan serta gesekan antara lapisan cairan yang terjadi di dalam lumpur (Novrianti et al., 2021). Dari hasil pengujian lumpur standar dan lumpur dengan aditif tepung sagu 2 gr belum memenuhi standar spesifikasi. Sedangkan 4 variasi massa tepung sagu yaitu pada 2 – 10 gram telah memenuhi standar spesifikasi minimal 7 cp (Özkan & Kaplan, 2019).

Dari hasil pengujian yang terlihat pada gambar 4.5 nilai *plastic viscosity* mengalami kenaikan, artinya ketika massa aditif tepung sagu bertambah maka nilai *plastic viscosity* juga akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi padatan di dalam lumpur, sehingga meningkatkan gesekan antar-partikel padatan. Ketika gesekan mekanis yang disebabkan oleh gesekan antar-partikel padatan meningkat di dalam fluida, maka terjadi peningkatan hambatan aliran yang akan meningkatkan *plastic viscosity* (Zoveidavianpoor & Samsuri, 2016).

3. Apparent Viscosity (μ_a)

Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengujian Apparent Viscosity (μ_a)

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	Apparent Viscosity, μ_a (cp)	Standar API Apparent Viscosity, μ_a (cp)
Standar	0	22,5	350	3	Min. 15
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	5	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	11,5	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	16	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	23	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	34	



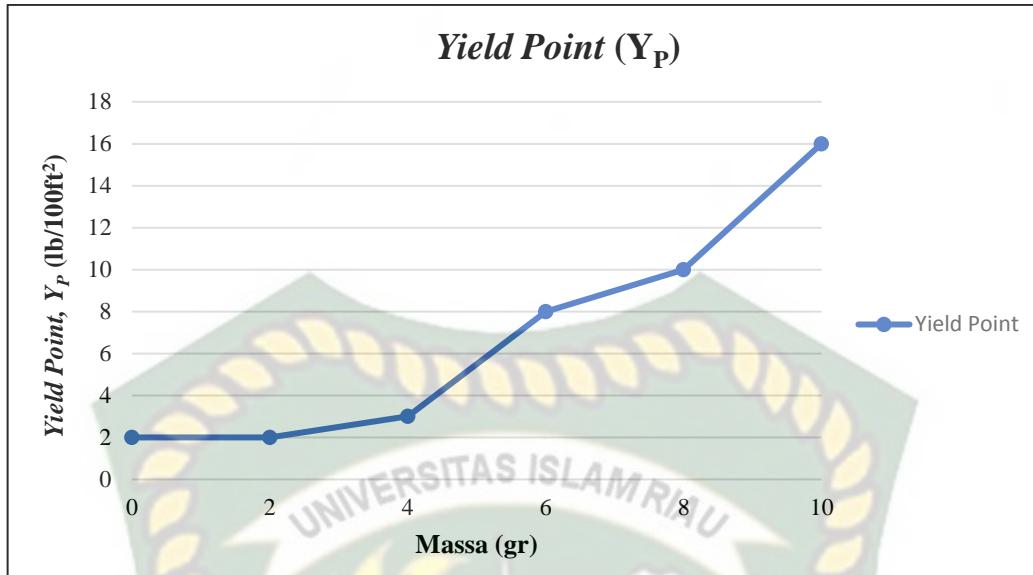
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Apparent Viscosity (μ_a)

Dari hasil pengujian didapatkan nilai *apparent viscosity* yang terus meningkat seiring dengan penambahan massa aditif tepung sagu. Peningkatan nilai *apparent viscosity* karena penambahan aditif tepung/*starch* ke lumpur pemboran akan menyebabkan peningkatan gesekan antara padatan. Akibat gesekan tersebut, lumpur menjadi lebih kental (Zoveidavianpoor & Samsuri, 2016). Hal itu terlihat pada gambar 4.6 dimana didapatkan nilai *apparent viscosity* pada lumpur standar sebesar 3 cp. Sedangkan, pada lumpur yang ditambahkan aditif tepung sagu dengan massa 2 – 10 gr nilai *apparent viscosity* meningkat yaitu 5 – 34 cp. Dari penambahan tepung sagu kedalam lumpur pemboran, terdapat tiga variasi massa yang memenuhi standar spesifikasi minimal 15 cp (Özkan & Kaplan, 2019) yaitu 6 gr, 8 gr dan 10 gr.

4.2.3 Pengujian *Yield Point* (Y_P)

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian *Yield Point* (Y_P)

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	<i>Yield Point, Y_P</i> (lb/100ft ²)	Standar API <i>Yield Point, Y_P</i> (lb/100ft ²)
Standar	0	22,5	350	2	Max. 50
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	2	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	3	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	8	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	10	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	16	



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian Yield Point (Y_P)

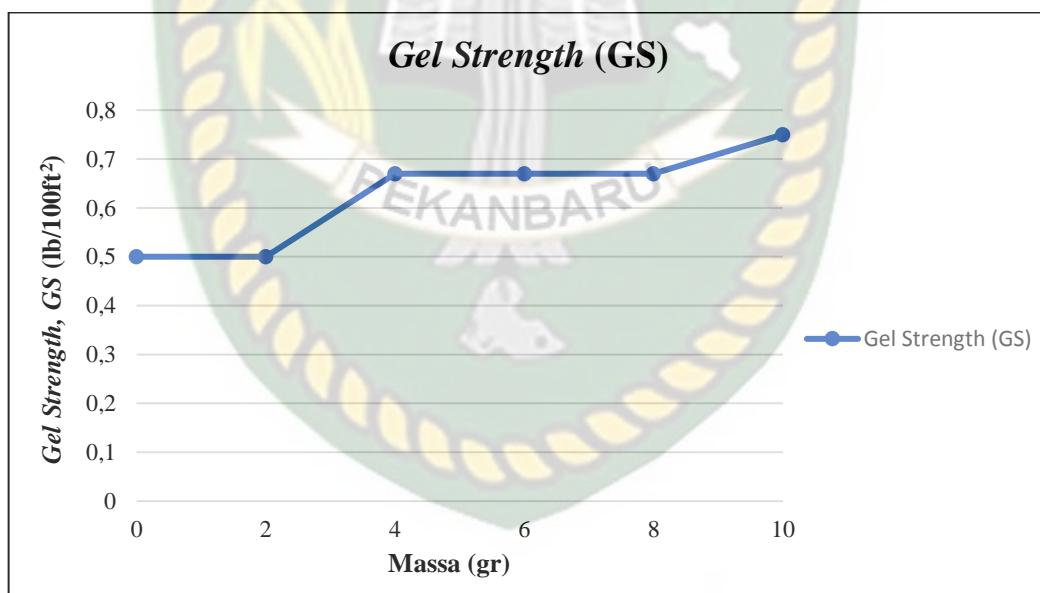
Dari hasil pengujian didapatkan nilai *yield point* yang terus meningkat seiring dengan penambahan massa aditif tepung sagu. Hal itu terlihat pada gambar 4.7 dimana didapatkan nilai *yield point* terendah lumpur standar sebesar 2 lb/100 ft² (belum memenuhi standar spesifikasi). Sedangkan, tertinggi yaitu 16 lb/100 ft² pada penambahan aditif tepung sagu dengan massa 10 gr. Artinya telah memenuhi standar spesifikasi maksimal 50 lb/100 ft² (Özkan & Kaplan, 2019). Meningkatnya nilai *yield point* karena penambahan aditif tepung/*starch* ke lumpur pemboran.

Dalam operasi pemboran nilai *yield point* yang lebih tinggi efektif karena *rheology* fluida pemboran berubah menjadi fluida non-newtonian yang lebih baik dalam pengangkatan *cutting* dari lubang sumur ke permukaan (Novrianti et al., 2021). Namun, apabila nilai *yield point* yang terlalu rendah akan mengakibatkan pengendapan *cutting* dan pembersihan lubang sumur menjadi tidak optimal (Raharja, 2019).

4.2.4 Pengujian *Gel Strength* (GS)

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian *Gel Strength* (GS)

Sampel Lumpur	Massa Aditif (gr)	Bentonite (gr)	Aquadest (ml)	<i>Gel Strength, GS</i> (lb/100ft ²)	Standar API <i>Gel Strength, GS</i> (lb/100ft ²)
Standar	0	22,5	350	0,5	0,5 – 0,8
Tepung Sagu 1	2	22,5	350	0,5	
Tepung Sagu 2	4	22,5	350	0,67	
Tepung Sagu 3	6	22,5	350	0,67	
Tepung Sagu 4	8	22,5	350	0,67	
Tepung Sagu 5	10	22,5	350	0,75	



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian *Gel Strength* (GS)

Dari hasil pengujian terjadi kenaikan nilai *gel strength* untuk setiap penambahan massa aditif tepung sagu. Pada lumpur standar sebesar 0,5 lb/100 ft² dan pada massa 2 – 10 gr mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan tepung sagu yang ditambahkan merupakan zat polimer sehingga dapat mengentalkan lumpur. Lumpur yang lebih kental memiliki nilai *gel strength* yang lebih tinggi

dan efektif pada saat sirkulasi lumpur dihentikan (Novrianti et al., 2021). Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 4.8 nilai *gel strength* untuk lumpur standar dan setiap variasi massa aditif tepung sagu yang ditambahkan pada lumpur pemboran telah memenuhi standar API ($0,5 - 0,8 \text{ lb}/100 \text{ ft}^2$).

Gel strength adalah ukuran dari ketahanan lumpur untuk mengalir dari kondisi statis/diam. *Gel strength* harus cukup tinggi untuk menahan *cutting* agar tidak bergerak turun ketika lumpur dalam keadaan diam atau tidak disirkulasikan. Akan tetapi jika *gel strength* terlalu tinggi akan menyebabkan kerja pompa terlalu berat untuk memulai sirkulasi kembali (Ginting, 2019; Hamid, 2017).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian yang dilakukan pada lumpur pemboran yang ditambahkan aditif sagu dengan variasi massa 2,4,6,8 dan 10 gr memengaruhi *filtration loss* dan *rheology* lumpur. Pada sampel lumpur standar yang merupakan lumpur berjenis *low solid mud* mendapatkan hasil *filtration loss* sebesar 28 ml dan *mud cake* dengan ketebalan 2 mm. Sedangkan pada lumpur yang ditambahkan aditif tepung sagu dengan massa 2 – 10 gr mengalami penurunan nilai *filtration loss* yaitu 24 – 12 ml dan nilai *mud cake* 1,5 – 1,2 mm. Untuk pengujian *rheology* yang terdiri dari pengujian densitas, *plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength*. Nilai *rheology* lumpur tepung sagu lebih tinggi daripada lumpur standar. Densitas pada lumpur standar sebesar 8,6 ppg sedangkan lumpur tepung sagu yaitu 8,62 – 8,68 ppg. *Marsh Funnel Viscosity* pada lumpur standar yaitu 40 s/quart sedangkan lumpur sagu yaitu 42,54 – 59,84 s/quart. *Plastic viscosity* pada lumpur standar 2 cp sedangkan pada lumpur tepung sagu 4 – 26 cp. *Apparent Viscosity* pada lumpur standar yaitu 3 cp sedangkan pada lumpur tepung sagu 5 – 34 cp. *Yield point* pada lumpur standar 2 lb/100 ft² sedangkan pada lumpur tepung sagu 2 – 26 lb/100 ft². *Gel strength* pada lumpur standar 0,5 lb/100 ft² sedangkan pada lumpur tepung sagu 0,5 – 0,75 lb/100 ft². Hasil terbaik didapat pada lumpur tepung sagu rumbia dengan konsentrasi massa 10 gr.
2. Dari pengujian yang telah dilakukan penambahan aditif tepung sagu rumbia pada lumpur pemboran yang digunakan sebagai *loss circulation material* (LCM). Peran aditif tepung sagu rumbia dengan variasi massa tertentu dapat dikatakan efektif untuk mencegah terjadinya *lost circulation* jika dibandingkan dengan lumpur pemboran standar karena

dari beberapa variasi massa tepung sagu rumbia telah memenuhi standar spesifikasi.

5.2 Saran

Untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk meneliti pengaruh penambahan aditif tepung sagu rumbia terhadap *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran dengan temperatur yang berbeda-beda dan dalam kondisi yang dinamis.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hameedi, A. T., Alkinani, H. H., Dunn-Norman, S., Alashwak, N. A., Alshammari, A. F., Alkhamis, M. M., W Albazzaz, H., Mutar, R. A., & Alsaba, M. T. (2019). Environmental friendly drilling fluid additives: can food waste products be used as thinners and fluid loss control agents for drilling fluid? *SPE Symposium: Asia Pacific Health, Safety, Security, Environment and Social Responsibility*.
- Al-Khdheeawi, E. A., & Mahdi, D. S. (2019). Apparent viscosity prediction of water-based muds using empirical correlation and an artificial neural network. *Energies*, 12(16), 3067.
- Ali, I., Ahmad, M., & Ganat, T. (2021). Development of a new formulation for enhancing the rheological and filtration characteristics of low-solids WBMs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 205(May), 108921.
- American Petroleum Institute. (2019). *API SPEC 13A Drilling Fluids Materials*. API Publishing Services. 15–17.
- API RP 13B-1. (2017). Recommend Practice for Field Testing Water-Based Drilling Fluids - 13B-1. API Publishing Services. 121.
- Bridges, S., & Robinson, L. (2020). A Practical Handbook for Drilling Fluids Processing. London: Gulf Professional Publishing.
- Carvalho, A. J. F. (2012). Starch: Major Sources, Properties and Applications as Thermoplastic Materials. In *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics: Properties, Processing and Applications* (Issue 2008). Elsevier.
- Esfandyari Bayat, A., Harati, S., & Kolivandi, H. (2021). Evaluation of rheological and filtration properties of a polymeric water-based drilling mud in presence of nano additives at various temperatures. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 627(June), 127128.
- Fatihah Majid, N. F., Katende, A., Ismail, I., Sagala, F., Sharif, N. M., & Che Yunus, M. A. (2019). A comprehensive investigation on the performance of durian rind as a lost circulation material in water based drilling mud. *Petroleum*, 5(3), 285–294.
- Fitrianti. (2012). Influence Mud Drilling With Emulsion Oil To Formation Damage Of Clay Limestone (Testing Laboratory Analysis). *Jurnal of Earth, Energy, Engineering*, 67–79.
- Freire Soares, A. S., Furtado de Sousa, A. M., Calçada, L. A., Scheid, C. M., & Costa Marques, M. R. (2021). Study of materials to combat loss of circulation in fractures and static filtration. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 200(January).
- Ghazali, N. A., Alias, N. H., Mohd, T. A. T., Adeib, S. I., & Noorsuhana, M. Y. (2015). Potential of Corn Starch as Fluid Loss Control Agent in Drilling Mud. *Applied Mechanics and Materials*, 754–755(April), 682–687.

- Ghazali, N. A., Yusof, M. Y. M., Azizi, A., Mohd, T. A. T., Alias, N., Sauki, A., & Yahya, E. (2015). Lost Circulation Material Characteristics of Apple Skin Powder in Drilling Mud. *Advanced Materials Research, 1119 (LCM)*, 564–568.
- Ginting, R. M. (2019). Studi laboratorium pengaruh penambahan polimer sintesis dan tepung sagu terhadap sifat rheology lumpur air asin sistem dispersi pada berbagai temperatur. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 7(4), 165–170.
- Halil, W., & Darmawidah, A. (2006). *Kajian pembuatan sirup glukosa dari pati sagu*. Bogor: Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.
- Hamid, A. (2017). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Lost Circulation Material (LCM) dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6(1), 12–20.
- Iscan, A. G., & Kok, M. V. (2007). Effects of polymers and CMC concentration on rheological and fluid loss parameters of water-based drilling fluids. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 29(10), 939–949.
- Kementan. (2021). Produksi Sagu Menurut Provinsi di Indonesia, 2016 - 2021.
- Luqman Arif, Aris Buntoro, Sudarmoyo, R. R. R. S. (2001). Penelitian Sifat-Sifat Rheologi Lumpur Filtrasi Rendah. *Journal Proceeding Simposium Nasional IATMI*, 67, 3–5.
- Nasiri, A., Ghaffarkhah, A., Keshavarz Moraveji, M., Gharbanian, A., & Valizadeh, M. (2017). Experimental and field test analysis of different loss control materials for combating lost circulation in bentonite mud. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 44, 1–8.
- Novrianti, Khalid, I., Sufiandi, D., & Tritasani, A. (2019). Analysis of corn starch additives against filtration loss and drilling mud rheology. *International Conference of CELSciTech 2019-Science and Technology Track (ICCELST-ST 2019)*, 54–58.
- Novrianti, khalid, I., Yuliastini, & Novriansyah, A. (2021). Experimental analysis of cassava starch as a fluid loss control agent on drilling mud. *Materials Today: Proceedings*, 39, 1094–1098.
- Özkan, A., & Kaplan, B. M. (2019). Investigation of the Effects on Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Mud of Boron Minerals: An Experimental Study. *Pamukkale University Journal of Engineering*
- Polnaya, F. J., Talahatu, J., Haryadi, Marseno, D. W., & H.C.D. Tuhumury. (2008). Karakterisasi sifat fisiko-kimia beberapa jenis pati sagu (*Metroxylon* sp.). *Prosiding Seminar Nasional : Pengembangan Agroindustri Berbasis Sumberdaya Lokal Untuk Mendukung Ketahanan Pangan. FTP Universitas Brawijaya, August*, 80–88.

- Prince, E. I., Dosunmu, A., & Anyanwu, C. (2019). Laboratory study of oil palm kernel shells and mangrove plant fiber banana trunk fiber as lost circulation materials in synthetic based drilling mud. *Society of Petroleum Engineers - SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2019, NAIC 2019*, 1–21.
- Purwani, E. . Y., Widaningrum, W., Thahir, R., & Muslich, M. (2016). Effect of Heat Moisture Treatment of Sago Starch on Its Noodle Quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 7(1), 8.
- Raharja, R., Kasmungin, S., & Hamid, A. (2019). Analisis Rheologi Lumpur Lignosulfonat dengan Penambahan LCM Berbahan Serbuk Gergaji, Batok, dan Sekam Berbagai Temperatur. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 2(2), 33–42.
- Rubiandini, R. (2009). *Teknik Pemboran I*. Bandung: ITB
- Rubiandini, R. (2012). *Teknik Operasi Pemboran II*. Bandung: ITB
- Satiyawira, B. (2019). Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Sistem Low Solid Mud Dengan Penambahan Aditif Biopolimer Dan Bentonite Extender. *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 7(4), 144–151.
- Schon, J. (2015). *Basic Well Logging and Formation Evaluation*. London. Bookboon
- Talukdar, P., Kalita, S., Pandey, A., Dutta, U., & Singh, R. (2018). Effectiveness of different Starches as Drilling Fluid Additives in Non Damaging Drilling Fluid. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(April 2018), 12469–12474.
- Wilfred, O. C., & Akinade, A. E. (2016). Comparative study of basic properties of mud prepared with nigerian local clay and mud prepared with foreign clay: A case study of abbi clay deposit. *International Journal of Engineering and Technologies*, 8, 61–71.
- Zakky, Z., Kasmungin, S., & Hamid, A. (2018). Studi Laboratorium Perbandingan Beberapa Additif Untuk Menstabilkan Shale Pada Sistem Lumpur Kcl Polimer Pada Temperatur Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, 219–224.
- Zakky, Z., Satyawira, B., & Samsol, S. (2019). Studi Laboratorium Pemilihan Additif Penstabil Shale Di Dalam Sistem Lumpur Kcl-Polimer Pada Temperatur Tinggi. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 3(1), 50.
- Zhong, H., Gao, X., Zhang, X., Chen, A., Qiu, Z., Kong, X., & Huang, W. (2022). Minimizing the filtration loss of water-based drilling fluid with sustainable basil seed powder. *Petroleum*, 8(1), 39–52.

Zoveidavianpoor, M., & Samsuri, A. (2016). The use of nano-sized Tapioca starch as a natural water-soluble polymer for filtration control in water-based drilling muds. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 34, 832–840.

