

**STUDI SIFAT *FLY ASH* DAUN BAMBU AMPEL SEBAGAI
PENGANTI *BENTONITE* MELALUI PENGUJIAN
FILTRATION LOSS DAN *RHEOLOGY* LUMPUR PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

MUHAMMAD FADHLY

153210370



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Fadhly
NPM : 153210370
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Tugas Akhir : Studi Sifat *Fly ash* Daun Bambu Ampel Sebagai Pengganti *Bentonite* Melalui Pengujian *Filtration Loss* dan *Rheology* Lumpur Pemboran

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

DEWAN PENGUJI


Pembimbing I : Dr. Mursyidah, M.Sc ()
Penguji : Novrianti, ST., MT ()
Penguji : Richa Melysa, ST., MT ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal :

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN



Novia Rita, ST., MT.

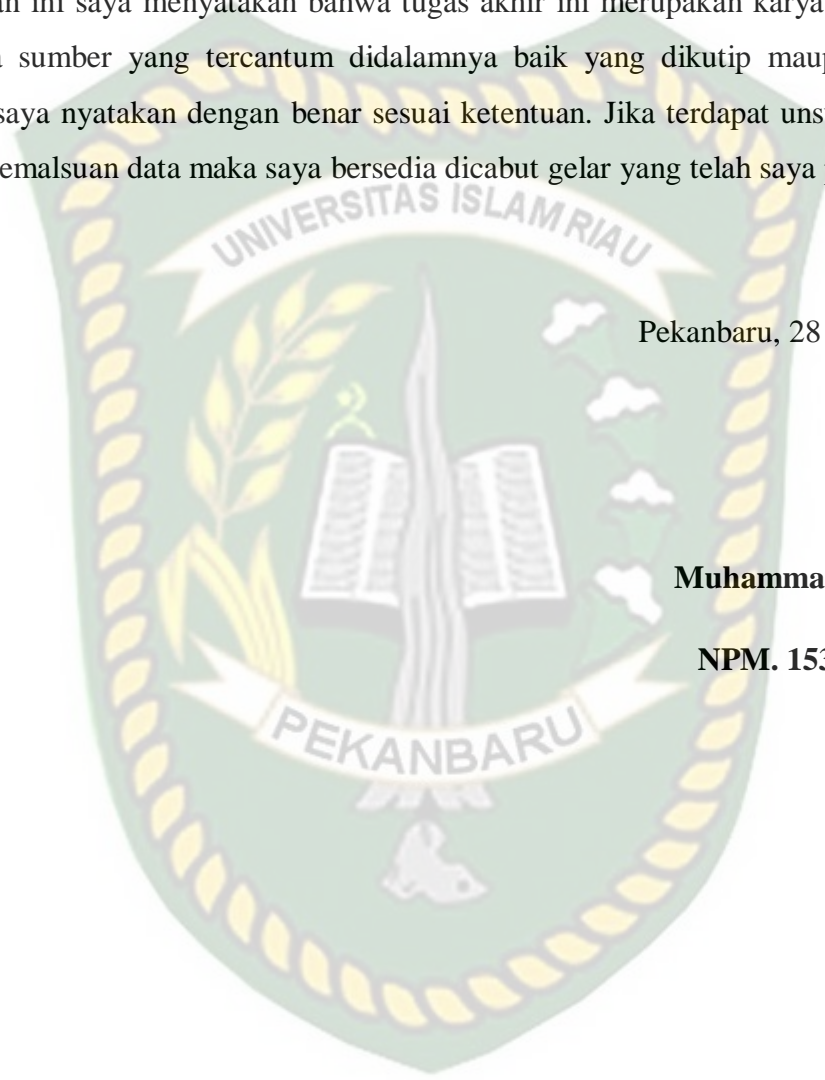
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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, 28 Maret 2021

Muhammad Fadhly

NPM. 153210370



KATA PENGANTAR

Rasa syukur diucapkan 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 dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr.Mursyidah, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibu 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. Kedua orang tua, Khairul Syahadat dan Ibu (alm) Masdalina, kakak dan abang saya dr. Siti Meiliza dan Ibnu Arifin., SH., MH., yang selalu memotivasi dan memberikan dukungan baik berupa do'a, moril, materil maupun finansial hingga saat ini.
4. Teman-teman Teknik Perminyakan angkatan 2015 terkhusus angkatan 2015 kelas (End Class) yang telah memberi semangat kepada saya dan sama-sama berjuang dari pertama kuliah.

Semoga Allah selalu melindungi dan membalas kebaikan semua pihak yang sudah membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 28 Maret 2021

Muhammad Fadhly

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>FLY ASH</i> DAUN BAMBU AMPEL.....	4
2.2 <i>BENTONITE</i>	5
2.3 <i>RHEOLOGY</i> LUMPUR.....	6
2.4 <i>FILTRATION LOSS</i>	8
2.5 ADITIF	9
2.5.1 <i>Xanthan gum</i>	9

2.5.2	<i>Polyanionic cellulose</i>	9
2.5.3	<i>Pregelatinized starch</i>	10
2.5.4	Potassium Klorida.....	10
2.6	<i>STATE OF THE ART</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1	ALUR PENELITIAN.....	14
3.2	ALAT DAN BAHAN	15
3.2.1	Alat	15
3.2.2	Bahan.....	17
3.3	PROSEDUR PENELITIAN	18
3.3.1	Prosedur Pembuatan <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel	18
3.3.2	Pengujian Sifat Fisik dan Kimia <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel.....	19
3.3.3	Prosedur Pembuatan Lumpur Standar	20
3.3.4	Prosedur Pengujian <i>Filtration loss</i> dan <i>Mud cake</i>	21
3.3.5	Prosedur Pengukuran <i>Shear Stress</i> dengan <i>Fann VG Meter</i>	21
3.3.6	Prosedur Pengukuran <i>Gel strength</i> dengan <i>Fann VG Meter</i>	22
3.4	TEMPAT PENELITIAN DAN JADWAL PENELITIAN	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	HASIL PENGUJIAN KOMPOSISI <i>FLY ASH</i> DAUN BAMB AMPEL.....	24
4.2	HASIL PENGUJIAN STRUKTUR MINERAL <i>FLY ASH</i> DAUN BAMBU AMPEL.....	25
4.3	HASIL PENGUJIAN MORFOLOGI <i>FLY ASH</i> DAUN BAMB AMPEL.....	27
4.4	PENGUJIAN <i>RHEOLOGY</i> LUMPUR PEMBORAN	29
4.4.1	Viskositas Nyata (μ a).....	29
4.4.2	Viskositas Plastik (μ p)	31

4.4.3	<i>Yield point</i>	32
4.4.4	<i>Gel strength</i>	34
4.5	PENGUJIAN <i>FILTRATION LOSS</i> LUMPUR PEMBORAN	35
4.5.1	<i>Filtration loss</i>	35
4.5.2	<i>Mud cake</i>	37
4.6	ANALISA HASIL PENGUJIAN SAMPEL TERHADAP STANDAR API	39
BAB V KESIMPULAN		41
5.1	KESIMPULAN	41
5.2	SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Bentuk Morfologi dari Gilbert <i>Fly ash</i> dan Kelas C <i>Fly ash</i>	12
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3. 2	<i>Oven Furnace</i>	15
Gambar 3. 3	<i>Sieve 400 Mesh</i>	15
Gambar 3. 4	Gelas Ukur.....	15
Gambar 3. 5	Timbangan Digital	15
Gambar 3. 6	<i>Ultrasonic Bath</i>	15
Gambar 3. 7	<i>Constant Speed Mixer</i>	15
Gambar 3. 8	<i>LPLT filter press</i>	16
Gambar 3. 9	<i>Fann VG Meter</i>	16
Gambar 3. 10	<i>Filter Paper</i>	16
Gambar 3. 11	Jangka Sorong.....	16
Gambar 3. 12	<i>Stopwatch</i>	16
Gambar 3. 13	<i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel	17
Gambar 3. 14	PEG 6000.....	17
Gambar 3. 15	<i>Bentonite</i>	17
Gambar 3. 16	<i>Polyanionic Cellulose</i>	17
Gambar 3. 17	<i>Pregelatinized Starch</i>	17
Gambar 3. 18	Potassium Klorida	17
Gambar 3. 19	<i>Xanthan gum</i>	18
Gambar 3. 20	Air	18
Gambar 4. 1	Grafik Hasil Pengujian XRD <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel.....	26
Gambar 4. 2	Morfologi <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel Menggunakan SEM-EDX.....	28
Gambar 4. 3	Grafik Hasil Pengujian Viskositas Nyata.....	30
Gambar 4. 4	Grafik Hasil Pengujian Viskositas Plastik.....	31
Gambar 4. 5	Grafik Hasil Pengujian Yield Point	33
Gambar 4. 6	Grafik Hasil Pengujian <i>Gel Strength</i>	34
Gambar 4. 7	Grafik Hasil Perhitungan <i>Filtrate Volume</i>	36
Gambar 4. 8	Hasil Pengujian Mud Cake	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel Melalui Studi XRF (Lutfi Adri., 2019)	5
Tabel 3. 1	Jadwal Penelitian.....	22
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Komposisi <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel Menggunakan Uji XRF	25
Tabel 4. 2	Hasil Komposisi Elemen <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel Menggunakan EDX.....	28
Tabel 4. 3	Hasil Pengujian Viskositas Nyata.....	30
Tabel 4. 4	Hasil Pengujian Viskositas Plastik.....	31
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian <i>Yield point</i>	32
Tabel 4. 6	Hasil Pengujian <i>Gel strength</i>	34
Tabel 4. 7	Hasil Perhitungan Filtrate <i>Volume</i>	35
Tabel 4. 8	Hasil Pengujian <i>Mud cake</i>	37
Tabel 4. 9	Parameter Standarisasi Lumpur Pemboran yang Ditetapkan Oleh API.....	40
Tabel 4. 10	Hasil Pengujian Lumpur Pemboran Sampel <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Komposisi Sampel Lumpur	47
Lampiran 2 : Sampel Proses Sonikasi.....	51
Lampiran 3 : Perhitungan <i>Rheology</i> Lumpur Pemboran	51
Lampiran 4 : Perhitungan <i>Filtration Loss</i> Lumpur Pemboran	54
Lampiran 5 : Hasil Uji Kualitatif XRF	55
Lampiran 6 : Hasil Data Uji XRD	58
Lampiran 7 : Hasil Uji SEM-EDX	59
Lampiran 8 : Hasil Bentuk <i>Mud Cake</i> Lumpur Pemboran	61

DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
FA	<i>Fly ash</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>
PAC	<i>Polyanionic Cellulose</i>
PEG	<i>Poly Ethylene Glycol</i>
PS	<i>Pregelatinized Starch</i>
SEM-EDX	<i>Scanning Electro Microscope- Energy Dispersive X-ray</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>

DAFTAR SIMBOL

μ_a	<i>Apparent Viscosity, cP</i>
μ_p	<i>Plastic Viscosity, cP</i>
Al_2O_3	Alumunium Oksida
C_{300}	<i>Dial reading pada 300 RPM, derajat</i>
C_{600}	<i>Dial reading pada 600 RPM, derajat</i>
CaO	Kalsium Oksida
Fe_2O_3	Bijih Besi (Besi III Oksida)
KCl	Potassium Klorida
SiO_2	Silika Oksida
Y_p	<i>Yield point, lb/100 ft²</i>



STUDI SIFAT *FLY ASH* DAUN BAMBU AMPEL SEBAGAI PENGGANTI *BENTONITE* MELALUI PENGUJIAN *FILTRATION LOSS* DAN *RHEOLOGY* LUMPUR PEMBORAN

Muhammad Fadhly

153210370

ABSTRAK

Lumpur pemboran merupakan elemen yang penting dalam kegiatan pengeboran, yaitu membersihkan lubang bor dari *cutting* yang terdapat dalam sumur pemboran. Lumpur pemboran disirkulasikan melalui lubang annulus dan dialirkan secara terus menerus. Lumpur pemboran yang digunakan didominasi menggunakan bahan *bentonite*. Seiring berjalannya waktu, pemakaian *bentonite* yang kurang efisien cenderung meningkat sehingga dibutuhkan bahan alternatif yang dapat menggantikan *bentonite* tersebut. Bahan yang dapat dimanfaatkan yaitu *fly ash* dari daun bambu ampel yang merupakan bahan yang berdominan silika (SiO_2) dimana silika memiliki sifat pozzolan. Sifat pozzolan mengikat partikel silika *fly ash* dimana dapat terakumulasi sehingga terbentuk *impermeabel mudcake* yang dapat menekan filtrat yang hilang.

Daun bambu ampel dikalsinasi menggunakan *oven furnace* selama 2 jam diset pada suhu 600°C lalu *fly ash* di saring menggunakan *sieve 400 mesh*. Sampel diuji XRD, XRF, dan SEM untuk mengetahui konsentrasi senyawa dan bentuk morfologi sampel *fly ash* daun bambu ampel. Selanjutnya sampel dipakai pada lumpur pemboran dan diuji nilai *rheology* dan *filtration loss*. Variasi sampel yaitu menggunakan sampel *fly ash* daun bambu ampel 4%, 5%, 6.5%, dan 7% lalu dibandingkan dengan sampel standar *bentonite* 6.5%. Setiap sampel menggunakan aditif *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch*, dan potassium klorida.

Berdasarkan kandungan sampel *fly ash* daun bambu ampel, didapat $\text{SiO}_2=57.06\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=1.65\%$, dan $\text{Fe}_2\text{O}_3=0.26\%$ yang merupakan kelas *fly ash* tipe C. Kristal yang terkandung dalam *fly ash* daun bambu ampel dominan kristal *quartz* yang merupakan fasa awal dari silika dan *enstatite* yang merupakan rantai pengikat antar silika-magnesium. Hasil pengujian *filtration loss* dan *mud cake* lumpur pemboran didapat konsentrasi sampel *fly ash* 5% dengan *filtrate volume* sebesar 8.5 ml dan tebal *mud cake* 2.05 mm. *Fly ash* daun bambu ampel dikategorikan sebagai bahan *viscosifier* dengan hasil *rheology* lumpur pemboran memiliki rentang nilai viskositas 25-36 cP, $\text{Yp}/\mu\text{p}=1.12-1.57$, *Gel strength* 0.66-0.73 lb/100 ft².

Kata Kunci : *Fly ash*, *Bentonite*, *Rheology*, *Filtration loss*

**STUDY THE PROPERTIES OF AMPEL BAMBOO FLY ASH AS A
REPLACEMENT TO BENTONITE THROUGH FILTRATION LOSS AND
RHEOLOGY TEST OF DRILLING MUD**

Muhammad Fadhly

153210370

ABSTRACT

Drilling mud is an important element in drilling activities, which is can cleaning the borehole from cuttings in drilling well. Drilling mud is circulated through the annulus hole and flowed continuously. Bentonite commonly used in the drilling mud. Along with time, the use of less efficient bentonite tends to increase so that alternative materials are needed that can replace the bentonite. The material that can be used is fly ash from ampel bamboo leaves which is a material that is predominantly silica (SiO₂) where silica has pozzolanic properties. The nature of pozzolan binds to fly ash silica particles which can accumulate to form impermeable mudcake which can suppress the lost filtrate.

Ampel bamboo leaves were calcined using an oven furnace for 2 hours, set at 600 ° C, then fly ash filtered using 400 mesh sieve. Samples were tested by XRD, XRF, and SEM to determine the concentration of the compound and the morphological shape of the ampel bamboo leaf fly ash sample. Furthermore, the sample is used in the drilling mud and tested for rheology and filtration loss values. Sample variation is using sample of ampel bamboo leaf fly ash 4%, 5%, 6.5%, and 7% then compared with the standard 6.5% bentonite sample. Each sample used additive such as xanthan gum, polyanionic cellulose, pregelatinized starch, and potassium chloride.

Based on the sample content of ampel bamboo leaf fly ash, obtained SiO₂ = 57.06%, Al₂O₃ = 1.65%, and Fe₂O₃ = 0.26% are type C fly ash. The crystals contained in ampel bamboo leaf fly ash are predominantly quartz crystals which are the initial phase of silica and enstatite which is a silica-magnesium bond chain. The results of testing for filtration loss and mud cake for drilling mud obtained a sample concentration of 5% fly ash with a filtrate volume of 8.5 ml and a mud cake thickness of 2.05 mm. Ampel bamboo leaf fly ash is categorized as a viscosifier with the rheology results of drilling mud having a viscosity value range of 25-36 cP, Yp / μp = 1.12-1.57, Gel strength 0.66-0.73 lb / 100 ft².

Keywords : Fly ash, Bentonite, Rheology, Filtration loss

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada proses pengeboran sumur minyak dan gas bumi, lumpur merupakan elemen yang penting karena kegunaannya yang banyak pada kegiatan pemboran. Salah satu kegunaan dari lumpur yaitu membersihkan lubang bor dari serbuk bor selama proses pemboran berlangsung. Lubang sumur dibor menggunakan fluida pemboran berupa lumpur yang disirkulasikan melalui lubang annulus. Perencanaan dan kontrol lumpur pemboran yang baik dapat mempercepat operasi pemboran dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya. (Totten, King, Griffith, Company, & Okla, 1998) (Mursyidah, Novrianti, & Iqbal Ramadhan, 2015)

Lumpur yang digunakan pada proses pemboran banyak macamnya, namun yang sering digunakan biasanya adalah lumpur dengan air sebagai bahan utamanya, yang biasa disebut dengan *water base mud*. Komposisi *water base mud* didominasi oleh bahan *bentonite*. Kandungan *bentonite* yang biasa digunakan pada *water base mud* cenderung mengembang menyebabkan terjadinya hidrasi pada sumur. *Bentonite* yang bereaksi dengan air akan mengalami *swelling*. *Swelling* merupakan fenomena yang dimana molekul air bergerak mengelilingi kristal *clay* sehingga menambah jarak kristal tersebut yang mengakibatkan peningkatan *volume*. *Swelling* pada *bentonite* terjadi akibat dari proses pertukaran ion yang terdapat pada bahan *bentonite* sehingga dapat mengurangi nilai permeabilitas pada formasi sumur dan menyebabkan hidrasi pada lubang bor serta dispersi pada *cutting* sehingga menyebabkan lubang sumur tidak stabil. Kondisi ini sangat tidak diinginkan terutama pada kondisi formasi yang sensitif seperti *shale*, dan *shally sandstone* (Vikas Mahto & Jain, 2013) (Fink, 2015). Menghindari permasalahan tersebut, penambahan aditif sangat diperlukan. Berbagai variasi aditif dalam bentuk *solid* maupun *liquid* yang ditambahkan untuk memaksimalkan performa lumpur, sehingga mengefisiensi waktu dan ekonomi proses pemboran.

Fly ash merupakan salah satu material organik yang biasanya berasal dari pembakaran sisa-sisa bahan yang tidak terpakai. *Fly ash* memiliki kandungan kaya silika yang terdapat sifat pozzolan. *Fly ash* bersifat pozzolan dapat mengikat partikel kecil pada *fly ash* sehingga menumpuk dan terakumulasi, oleh karena itu terbentuk *filter cake* yang berguna sebagai pengontrol filtrat lumpur yang masuk ke formasi (V. Mahto, Srikanth, & Krishna, 2013). *Fly ash* dapat mengurangi penggunaan *bentonite*, seperti yang dilakukan pada penelitian (Ozkan, Turan, & Kaplan, 2018). Hal ini dikarenakan karakteristik mineral, morfologi dan kristal *fly ash* menyerupai karakteristik API-*drilling bentonite* setelah diteliti menggunakan FESEM, FESEM-EDX dan XRD (Gautam et al, 2018).

Fly ash digunakan sebagai salah satu alternatif bahan sebagai pengganti *bentonite*, karena *fly ash* merupakan bahan organik yang tidak terpengaruh oleh lingkungan sekitar. Pertimbangan lingkungan mengacu pada ketertarikan penggunaan *water base mud* daripada *oil base mud* yang dikarenakan toksisitas pada *oil base mud*, terutama pada daerah lingkungan yang sensitif. Selain itu, *fly ash* dapat mengurangi hingga menghilangkan penggunaan *bentonite* dari penggunaan *water base mud* dimana penggunaan *bentonite* secara besar dan persediaan yang terbatas dari jumlah persentase *bentonite* yang tersedia. Banyak dari produk komersial aditif pada lumpur yang tergolong *non-biogradable*, yang berpengaruh pada penambahan biaya dan tidak memperhatikan dampak ke lingkungan sekitar dikarenakan kandungan kimianya yang “*toxic*” sebagai bahan pembuatan konvensional *water base mud* (Al-hameedi et al, 2019). *Fly ash* yang digunakan merupakan golongan *fly ash* tipe C menurut ASTM-618 yang dimana kandungan SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ lebih dominan dengan kandungan yang lebih dari 50 persen dan kandungan CaO yang lebih dari 10 persen. (Ozkan et al., 2018).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini diantaranya adalah:

1. Menganalisis hasil karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel sebagai pengganti *bentonite*.

2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel sebagai pengganti *bentonite* melalui pengujian *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran terhadap sifat yang mendekati nilai standar API lumpur pemboran.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dilakukan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Sebagai inovasi baru lumpur pemboran yang memanfaatkan *fly ash* daun bambu ampel sebagai bahan utama.
2. Daun bambu ampel sebagai bahan yang berteknologi tinggi yang dapat digunakan secara baik dalam lumpur pemboran.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini terarah, maka penelitian ini hanya difokuskan pengaruh penggunaan *fly ash* daun bambu ampel yang didapatkan di daerah Pasir Putih Kabupaten Kampar, yang pengujiannya terdiri dari :

1. Karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel melalui uji XRD, XRF, dan SEM.
2. Menguji fluida pemboran aditif yang menggunakan bahan *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch*, dan potassium klorida sebagai variabel tetap yang dimana akan diuji *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran.
3. Menguji fluida pemboran menggunakan bahan *fly ash* daun bambu ampel sebagai pengganti *bentonite* melalui pengujian *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran dan disesuaikan pendekatannya dengan standar API.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Al-Qur'an, Allah SWT berfirman dalam surah Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Yang artinya : “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang-orang yang berbuat kebaikan” – (Q.S Al-A'raf: 56)

2.1 FLY ASH DAUN BAMBU AMPEL

Fly ash merupakan bahan buangan yang berasal dari pembakaran batubara yang umumnya berwarna abu-abu, bersifat abrasif dan bersifat basa, serta tahan panas terhadap alam. Kandungan kimia pada *fly ash* dominan oleh SiO₂ (60-65%), Al₂O₃ (25-30%), Fe₂O₃ (6-15%) (Ahmaruzzaman, 2010) (Vikas Mahto & Jain, 2013).

Pozzolan merupakan bahan yang memiliki kandungan silika yang tinggi. Kandungan silika yang dominan pada *fly ash* berpotensi sebagai bahan pozzolan. *Fly ash* yang biasa dipakai merupakan *fly ash* dari produk batubara. Pada penelitian (Cocin, 2016) bahwasanya daun bambu dapat dibuat menjadi produk *fly ash*, yang berdasarkan kandungan silika yang dominan pada *fly ash* daun bambu sama dengan *fly ash* dari bahan batubara. Pozzolan pada *fly ash* biasanya dipakai untuk campuran semen. Namun pada penelitian (Gautam et al., 2018) bahwasanya kandungan karakteristik mineral, morfologi *fly ash* mirip dengan kandungan bentonite. Oleh karena itu, *fly ash* dapat digunakan sebagai pengganti bentonite pada lumpur pemboran. Pemutusan rantai ikatan silika melepaskan partikel halus sehingga ketika partikel tersebut terakumulasi, terbentuk impermeabel *filter cake* yang berguna mengontrol *filtration loss* secara signifikan (V. Mahto et al, 2013).

Tabel 1. 1 Komposisi Kimia *Fly ash* Daun Bambu Ampel Melalui Studi XRF (Lutfi Adri., 2019)

Formula	Konsentrasi (%)	Formula	Konsentrasi (%)
SiO ₂	58.9	K ₂ O	18.7
CaO	10.3	MnO	0.29
MgO	1.26	Fe ₂ O ₃	0.49
Al ₂ O ₃	0.38	CuO	0.02
P ₂ O ₅	3.34	ZnO	0.03
SO ₃	3.67	Br	0.01
Cl	2.41	SrO	0.01
Rb ₂ O	0.06		

Kelas yang digunakan pada *fly ash* daun bambu dibedakan menjadi dua kelas tergantung dari kandungan *fly ash* tersebut. *Fly ash* tipe F jika kandungan SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ berjumlah lebih dari 70 persen dan kandungan CaO kurang dari 5 persen. Sedangkan *Fly ash* tipe C jika kandungan SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ berjumlah kurang dari 50 persen dan kandungan CaO antara 20 hingga 30 persen (Ahmaruzzaman, 2010) (Sarkar et al, 2006).

2.2 BENTONITE

Bentonite merupakan material *clay* yang terbentuk dari dekomposisi abu vulkanik yang diendapkan selama jutaan tahun (Chitranigrum, 2008) (Sutherland, 2014). *Bentonite* memiliki senyawa kimia [(OH)₄Si₈Al₄O_{20n}H₂O] yang dimana silika dan alumina dapat mengikat dengan air. *Bentonite* memiliki mineral silika dan dinyatakan sebagai aluminosilikat terhidrasi. *Bentonite* sebagian besar terdiri dari *montmorillonit*, dan komponen lain seperti *beidellite*, *saponite*, dan mineral lainnya. *Bentonite* memiliki struktur yang terdiri dari satu unsur aluminium oktahedral (O) yang ditempatkan di antara dua ikatan senyawa silikat tetrahedral (T) dengan substitusi beberapa atom tetrahedral silikat dengan atom aluminium dan / atau atom oktahedral (Al³⁺ atau Mg²⁺) yang disubstitusi oleh atom dengan bilangan oksidasi yang lebih rendah. (Ibrahim, 2020) (Vitanesa et al., 2017).

Terdapat dua jenis *bentonite* yang ada, yaitu Natrium *bentonite* dan Kalsium *bentonite*. Kalsium *bentonite* biasa digunakan untuk bahan penjernih

pada minyak goreng, namun Kalsium *bentonite* dapat berubah menjadi Natrium *bentonite* setelah bereaksi pertukaran ion. *Natrium bentonite* disebut juga sebagai *swelling bentonite*, yang dimana *swelling bentonite* ini dapat mengembang jika bertemu dengan air, sehingga *Natrium bentonite* ini dapat digunakan sebagai sealant. Karena *swelling* pada *bentonite*, maka Natrium *bentonite* dapat digunakan sebagai bahan utama pada lumpur pemboran. Natrium *bentonite* dapat *swelling* dikarenakan kandungan Na yang dominan menyebabkan terjadinya pertukaran antara Natrium dengan H₂O ketika *bentonite* bertemu dengan air. Nilai valensi Na positif yang lemah, maka Na mudah terdispersi pada air sehingga banyak penyerapan pada reaksi H₂O terhadap Na menyebabkan terciptanya soda yang mengakibatkan terjadi pembengkakan atau mengembangnya *bentonite (swelling)* (Fink, 2015) (Egloffstein, 2001). Natrium *bentonite* juga dikategorikan sebagai *loss circulation material* yang merupakan hal yang perlu diperhatikan pada lumpur pemboran. (Chitranigrum, 2008) (Professors, 2005)

2.3 RHEOLOGY LUMPUR

Rheology fluida pemboran berupa viskositas dan *gel strength* merupakan elemen yang perlu diperhatikan pada pengoperasian pemboran. Pengukuran sifat-sifat *rheology* fluida pemboran penting dilakukan karena membawa pengaruh pada efektivitas pengangkatan *cutting*. Sifat viskositas dan *gel strength* pada lumpur juga penting pada saat *round trip* sehingga menjadi salah satu indikator baik tidaknya suatu lumpur pemboran.

Lumpur pemboran ini mengikuti model-model *rheology Bingham Plastic*, *Power Law* dan *Modified Power Law*. Dalam acuan penentuan model fluida pemboran, *Bingham Plastic* merupakan model yang sederhana untuk fluida *Non-Newtonian*. Fluida *Non-Newtonian* merupakan fluida yang mempunyai viskositas tidak konstan, bergantung pada besarnya geseran (*shear rate*) yang terjadi. Pada setiap *shear rate* tertentu, fluida mempunyai viskositas yang disebut *apparent viscosity*. Berbeda dengan fluida Newtonian yang mempunyai viskositas konstan, fluida *Non-Newtonian* mempunyai suatu *yield stress*, suatu jumlah tertentu dari tahanan dalam yang harus diberikan agar fluida mengalir seluruhnya.

Berikut ini adalah beberapa istilah yang selalu diperhatikan dalam penentuan *rheology* suatu lumpur pemboran :

- a. Viskositas nyata (*apparent viscosity*) merupakan bagian dari resistensi mengalir pada fluida yang mengabaikan nilai friksi mekaniknya
- b. Viskositas plastik (*plastic viscosity*) merupakan bagian dari resistensi untuk mengalir yang dipengaruhi oleh friksi mekanik.
- c. *Yield point* adalah bagian dari resistensi untuk mengalir oleh gaya tarikmenarik antar partikel. Gaya tarik - menarik ini disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang di dispersi dalam fasa fluida.
- d. *Gel strength* dan *yield point* keduanya merupakan ukuran dari gaya tarik menarik dalam suatu sistem lumpur. Bedanya, *gel strength* merupakan ukuran gaya tarik - menarik pada saat statik sedangkan *yield point* merupakan ukuran gaya tarik-menarik yang dinamik.

Penentuan harga *shear stress* dan *shear rate* didapatkan dari penyimpangan skala penunjuk (dial reading) dan kecepatan rotasi (RPM) dari *Fann VG Viscometer* yang diolah menjadi harga *shear stress* (dyne/cm²) dan *shear rate* (sec⁻¹). Dari harga *shear rate* dan *shear stress* tersebut maka akan didapatkan harga *apparent viscosity* dalam satuan cp (*centipoise*). Adapun rumus tersebut ialah :

$$\mu_a = \frac{C_{600}}{2}$$

$$\mu_p = C_{600} - C_{300}$$

$$Y_p = C_{300} - \mu_p$$

dimana :

$$\mu_a = \text{Apparent Viscosity, cP}$$

$$\mu_p = \text{Plastic viscosity, cP}$$

$$Y_p = \text{Yield point Bingham, lb/100 ft}^2$$

$$C_{600} = \text{Dial reading pada 600 RPM, derajat}$$

$$C_{300} = \text{Dial reading pada 300 RPM, derajat}$$

Harga *gel strength* dalam 100 lb/ft² diperoleh secara langsung dari pengukuran dengan alat *Fann VG Meter*. Simpangan skala penunjuk disebabkan oleh gerakan rotor pada kecepatan 3 RPM, yang menunjukkan harga *gel strength* 10 detik atau 10 menit dalam 100 lb/ft² (Rubiandini, 2009)

2.4 FILTRATION LOSS

Lumpur pemboran dalam pengoperasian migas dapat menimbulkan beberapa masalah, salah satunya yaitu hilangnya filtrat lumpur menuju ke formasi, yang biasa disebut dengan *filtration loss*. *Filtration loss* terjadi ketika lumpur disirkulasikan melalui formasi permeabel ketika fluida pengeboran mengalami perbedaan tekanan, dimana tekanan hidrostatik fluida pengeboran lebih besar daripada tekanan formasi. Kontrol laju filtrasi lumpur pengeboran dalam operasi pengeboran adalah aspek penting dalam operasi pemboran. Selain itu, *Filtration loss* juga dapat mempengaruhi kestabilan formasi dan keselamatan, serta dapat berpengaruh pada permasalahan biaya (Ozkan et al., 2018).

Ketika lumpur tersebut terkena formasi berpori, konstituen cair dari lumpur cenderung berpisah dan hilang pada formasi. Pada saat lumpur tersebut terkena formasi berpori, kandungan cair dari lumpur cenderung berpisah dan hilang pada formasi. Kehilangan cairan ini disebut kehilangan *filtrat* yang merupakan ukuran jumlah relatif dari kehilangan cairan (*filtrat*) melalui formasi permeabel ketika fluida pengeboran mengalami perbedaan tekanan, dimana tekanan hidrostatik fluida pengeboran lebih besar dari tekanan formasi (Nmegbu, 2014).

Lapisan partikel-partikel besar tertahan dipermukaan batuan disebut "*filter cake*". Proses *filtrasi* hanya terjadi apabila terdapat perbedaan tekanan ke arah batuan. Ada dua jenis *filtration* yang terjadi selama operasi pemboran yaitu *static filtration* dan *dynamic filtration*. *Static filtration* terjadi jika lumpur berada dalam keadaan statik (diam) dan *dynamic filtration* terjadi ketika lumpur berada dalam keadaan dinamis (disirkulasikan). Apabila *filtration loss* dan pembentukan *mud cake* tidak dikontrol dengan baik, maka menimbulkan berbagai masalah, baik selama operasi pemboran maupun pada tahap produksi. *Mud cake* yang tipis merupakan bantalan yang baik antara pipa pemboran dan permukaan lubang bor. *Mud cake* yang tebal akan menjepit pipa pemboran sehingga sulit diangkat dan diputar sedangkan filtrat yang masuk ke formasi dapat menimbulkan *damage* pada formasi.

Standar prosedur yang digunakan dalam pengukuran *volume filtration loss* dan tebal *mud cake* untuk *static filtration* adalah API RP 13B untuk LPLT (*low*

pressure - low temperature). Lumpur ditempatkan dalam silinder standar yang bagian dasarnya dilengkapi kertas saring dan diberi tekanan sebesar 100 psi dengan lama waktu pengukuran 30 menit. *Volume filtrat* ditampung dengan gelas ukur dengan satuan *cubic centimeter* (cc). Lalu untuk penentuan tebal *mud cake* yaitu menggunakan jangka sorong yang diukur pada hasil *filter paper* yang tersaring di *filter press*.

Pembentukan *mud cake* dan *filtration loss* adalah dua kejadian dalam pemboran yang saling berhubungan, baik waktu kejadiannya maupun sebab dan akibatnya. Oleh karena itu pengukuran dilakukan pada satu waktu. (Rubiandini, 2009)

2.5 ADITIF

2.5.1 *Xanthan gum*

Xanthan gum digunakan sebagai bahan aditif lumpur pemboran. *Xanthan gum* merupakan jenis polimer ekstraselular yang diproduksi dari bakteri *Xanthomonas campestris* (Petri, 2015). *Xanthan gum* dengan rumus kimia $(C_{35}H_{49}O_{29})_n$ adalah bahan kimia untuk aditif makanan dengan nama E415. *Xanthan gum* berbentuk serbuk berwarna keputihan, tidak berbau dan tidak berasa. Zat ini larut didalam air dan tidak terpengaruhi oleh keasaman dan temperatur, sehingga *Xanthan gum* ini dikategorikan sebagai zat yang stabil (Blinov et al, 2020) (Katzbauer, 1998). Larutan *Xanthan gum* merupakan fluida non-Newtonian dan memiliki sifat *pseudoplastic*, yang dimana viskositasnya dapat berkurang seiring dengan diberi tegangan/stress (Katzbauer, 1998) Dari sifat ini, *Xanthan gum* dapat mengendalikan *rheology* lumpur (*Plastic viscosity* dan *Apparent viscosity*), sehingga di dalam lumpur pemboran zat ini bertindak sebagai *viscosifier* apabila *Xanthan gum* digunakan pada lumpur berbasis *Water base mud* (Vikas Mahto & Jain, 2013).

2.5.2 *Polyanionic cellulose*

Polyanionic cellulose (PAC) merupakan produk yang dimodifikasi dari sellulosa, dan merupakan lanjutan dari produk CMC. PAC larut dalam air dengan tingkat tinggi pada anionik polimerisasi yang dimana memiliki keunggulan yaitu memiliki tingkat kemurnian yang lebih tinggi daripada CMC, selain itu PAC tidak

dapat terpengaruh oleh temperature dan kegraman (Keith et al, 2009) (Li et al., 2015). PAC digunakan pada lumpur berbasis *water base mud* bertindak sebagai *fluid loss control agent*. PAC sendiri merupakan bahan organik yang terbarukan dimana penggunaan PAC tersebut berpengaruh performa *drilling mud*. Efek yang terjadi yaitu dapat mengontrol viskositas dan *volume* filtrat pada fluida pemboran, sehingga penggunaan fluida pemboran dapat berfungsi secara optimum. PAC terionisasi membentuk rantai panjang *polyoxoanion*, yang dimana menyerap partikel *clay* dan membentuk suatu sistem didalam partikel tersebut sehingga *clay* tidak mengembang diluar sistem. Akibat ini, partikel hanya terhambat di dalam fluida dan membentuk padatan *mud cake* dan mengurangi *volume* filtrat yang masuk kedalam formasi sehingga PAC dapat bertindak sebagai *fluid loss control agent* (Yang et al., 2016).

2.5.3 *Pregelatinized starch*

Pregelatinized starch atau biasa disebut dengan pati pregel merupakan produk pati yang dimana jenis pati yang dimodifikasi secara fisik sudah melalui proses pemasakan dan pengeringan. Pati pregel biasanya berasal dari singkong. Amilose dan amilopectin pada pati pregel yang bersifat sulit untuk bereaksi dengan elektron lain, oleh karena itu pati pregel memiliki sistem tersendiri yang dapat mengembang ketika bereaksi dengan air sehingga viskositas pada fluida meningkat dan dapat meminimalisir *fluid loss* (Liu, Chen, Luo, & Li, 2017; Meiselman, 2020)

2.5.4 Potassium Klorida

Potassium klorida atau KCL merupakan senyawa kimia yang berasal dari unsur kalium dan klor yang memiliki berat molekul 74.56 g/mol. KCL memiliki bentuk padatan yang berwarna putih dan umumnya tidak berbau. Senyawa ini mudah larut dalam air dan alkohol (Supelco, 2021). Dalam pengaplikasian pada lumpur pemboran, KCL bertindak sebagai shale inhibitor dikarenakan unsur K yang kuat dan tidak mudah untuk terlepas dari ion K lainnya, sehingga menyebabkan kondisi lumpur stabil dan tidak mudah mengembang. Senyawa KCL ini cocok dipakai pada kondisi reservoir yang sensitif (Fink, 2015).

2.6 STATE OF THE ART

Menurut (Vikas Mahto & Jain, 2013) (Ozkan et al., 2018) produk *fly ash* dari *coal* dapat dipakai pada aplikasi lumpur pemboran. Bahkan produk *fly ash* ini dapat menggantikan *bentonite* yang biasa dipakai pada lumpur pemboran. Hal ini dibuktikan pada penelitian (Gautam et al., 2018). Nilai *rheology* lumpur yang didapat yaitu Apparent *viscosity* sebesar 25 cP, *Yield point* sebesar 25 lb/100ft², *Gel strength* sebesar 0.73 lb/100ft² dan nilai *filtration loss* sebesar 11 ml.

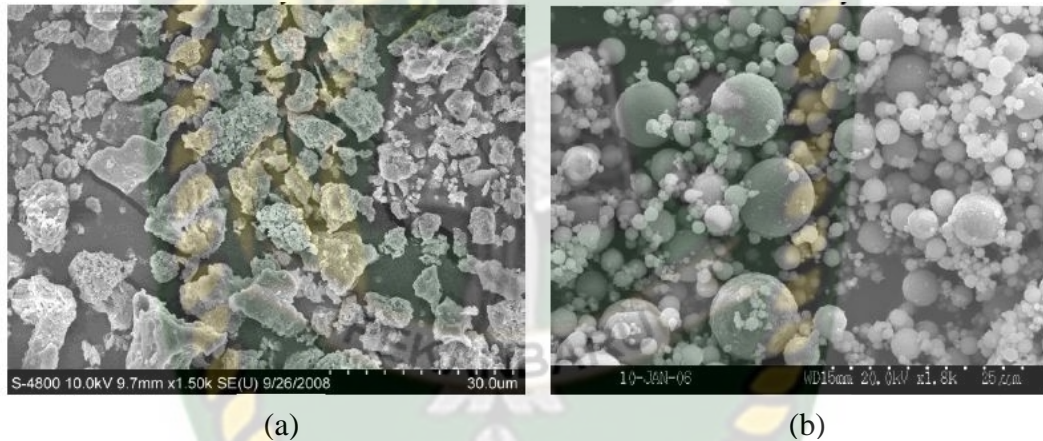
Penelitian (Umoh & Odesola, 2015) bahwasanya produk *fly ash* dapat dibuat dari bahan daun bambu yang dimana komposisi *fly ash* daun bambu hampir sama dengan komposisi *fly ash* dari batubara. Pada komposisi *fly ash* daun bambu didapat kandungan SiO₂ sebesar 72.25%, Al₂O₃ sebesar 4.08%, Fe₂O₃ sebesar 1.97 %, dan kandungan CaO sebesar 4.23%. *Fly ash* diperoleh dari daun bambu yang dikeringkan, lalu dibakar diruang terbuka berwadahkan drum dengan suhu 100 °C – 150 °C hingga berwarna kehitaman. Setelah dibakar lalu dikalsinasi pada suhu 600 °C selama 2 jam menggunakan alat gas furnace. Hasil yang diperoleh dari kalsinasi yaitu berbentuk serbuk berwarna keabuan. Hasil produk dari kalsinasi disaring menggunakan *sieve* 450 µm.

Menurut (V. Mahto et al., 2013), *Fly ash* dapat mempengaruhi nilai *rheology* lumpur dan *filtration loss* karena sifat pozzolan dari silika yang dapat menggumpal. Partikel *fly ash* yang terakumulasi membentuk impermeabel filter cake yang dapat menekan jumlah *filtrate* yang hilang ke formasi sehingga mengurangi dampak pada formasi tersebut.

Pada penelitian (Vikas Mahto & Jain, 2013), *fly ash* diuji pada lumpur pemboran tanpa penggunaan *bentonite*. *Bentonite* tidak digunakan karena sifat mengembangnya yang dapat mengurangi permeabilitas pada formasi. Selain itu, *bentonite* juga tidak disarankan pemakaiannya pada formasi yang sensitif. Penelitian ini menggunakan *fly ash* serta aditif lainnya yaitu *Xanthan gum* digunakan sebagai *viscosifier*, *Carboxy methyl cellulose* (CMC) dan *Polyanionic cellulose* (PAC) sebagai pengontrol filtrat, serta *Potassium chloride*. Hasil yang didapat bahwasanya pemakaian *fly ash* dapat menekan jumlah filtrat yang hilang ke formasi dengan rentang jumlah filtrat yang hilang sebesar 12 hingga 6 milimeter. Selain itu pemakaian *xanthan gum* berpengaruh pada nilai *rheology*

lumpur (PV, AP, YP, GS), semakin banyak pemakaian *xanthan gum* maka *rheology* pada lumpur meningkat. Serta pemakaian PAC dapat menekan *mud cake* yang terbentuk, pemakaian PAC mengurangi pembentukan *mud cake*, sehingga *mud cake* tidak menebal.

Pada penelitian (Stevens, Robl, & Mahboub, 2009) bahwa tipe *fly ash* dibagi menjadi dua yang didasarkan bentuk morfologinya dengan menggunakan *fly ash* batu bara. Tipe *fly ash* tersebut yaitu *fly ash* gilbert dan *fly ash* kelas C. Untuk kelas gilbert *fly ash* memiliki senyawa yang berdominan senyawa CaO dan memiliki bentuk partikel yang angular (menyudut). Sedangkan tipe *fly ash* memiliki senyawa yang berdominan senyawa SiO₂ dan memiliki bentuk partikel yang granular (bulat). Bentuk morfologi yang berbeda ditampilkan sebagai berikut



:

Gambar 2. 1 Bentuk Morfologi dari (a) Gilbert *Fly ash* dan (b) Kelas C *Fly ash*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada percobaan pengujian ini dilakukan dalam skala laboratorium di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan metode eksperimental. Beberapa tahapan penelitian yang dilakukan yaitu persiapan bahan baku, yakni *fly ash* daun bambu ampel, karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel menggunakan XRF (*X-ray fluorescence*), XRD (*X-ray diffraction*), dan SEM (*Scanning Electro Microscopic*) Lalu aditif aditif *Xanthan gum* dan *Polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch*, dan potassium klorida yang didapat dari distributor resmi. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan suspensi lumpur pemboran, yang dimana bahan *bentonite* dibuat sebagai lumpur standar. Komposisi lumpur standar berupa *bentonite* 22.5 gr serta ditambah aditif berupa *xanthan gum* 0.4 wt%, *polyanionic cellulose* 0.3 wt%, *pregelatinized starch* 3 wt%, dan potassium klorida 5 wt%. Dilanjutkan dengan pembuatan suspensi lumpur dengan *fly ash* daun bambu ampel sebagai bahan utama dengan komposisi *fly ash* 14 gr, 17.5 gr, 22.5 gr, dan 24.5 gr serta penambahkan aditif *xanthan gum* dan *polyanionic cellulose*, dengan bahan *xanthan gum* 0.4 wt%, *polyanionic cellulose* sebesar 0.3 wt%, *pregelatinized starch* 3 wt%, dan potassium klorida 5 wt% untuk masing-masing sampel. Pemilihan kadar sampel *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch*, dan potassium klorida yang digunakan berdasarkan penelitian (V. Mahto et al., 2013) yang dimana hasil pengujian lumpur pemborannya di bandingkan berdasarkan acuan standar lumpur pemboran API-13 yang dilihat nilai optimum standar lumpur pemboran. Lalu dilanjutkan dengan pengujian *filtration loss* pada suspensi lumpur dengan menggunakan alat LPLT dan pengujian *rheology* lumpur pemboran menggunakan alat *Fann VG Meter*.

3.1 ALUR PENELITIAN

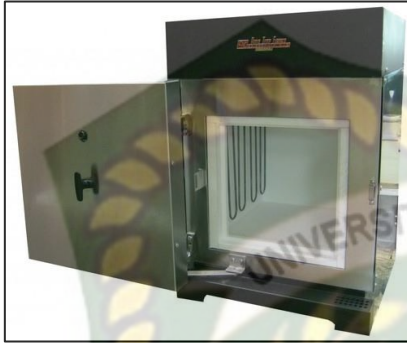


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 ALAT DAN BAHAN

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini dilakukan meliputi:



Gambar 3. 2 *Oven Furnace*



Gambar 3. 3 *Sieve 400 Mesh*



Gambar 3. 4 *Gelas Ukur*



Gambar 3. 5 *Timbangan Digital*



Gambar 3. 6 *Ultrasonic Bath*



Gambar 3. 7 *Constant Speed Mixer*



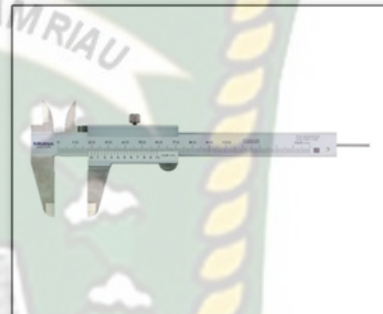
Gambar 3. 8 *LPLT filter press*



Gambar 3. 9 *Fann VG Meter*



Gambar 3. 10 *Filter Paper*



Gambar 3. 11 *Jangka Sorong*



Gambar 3. 12 *Stopwatch*

3.2.2 Bahan

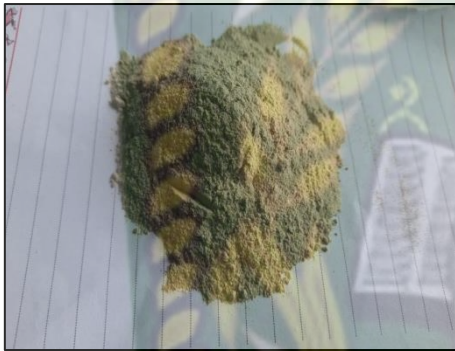
Bahan yang digunakan sebagai berikut:



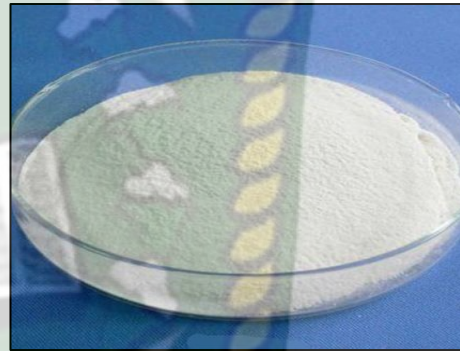
Gambar 3. 13 *Fly ash Daun Bambu Ampel*



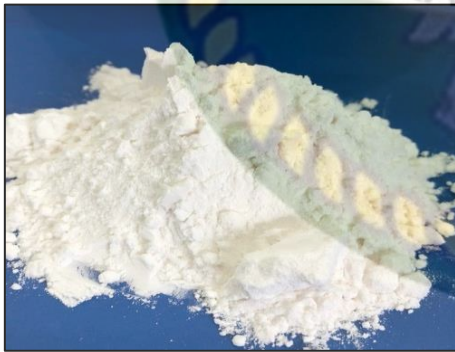
Gambar 3. 14 *PEG 6000*



Gambar 3. 15 *Bentonite*



Gambar 3. 16 *Polyanionic Cellulose*



Gambar 3. 17 *Pregelatinized Starch*



Gambar 3. 18 *Potassium Klorida*



Gambar 3. 19 *Xanthan gum*



Gambar 3. 20 Air

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Prosedur Pembuatan *Fly ash* Daun Bambu Ampel

Menurut (Umoh & Odesola, 2015) prosedur pembuatan *fly ash* daun bambu pada penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapan daun bambu ampel, dilakukan dengan pengambilan dan pemilihan daun bambu dari batangnya kemudian dibersihkan satu persatu.
2. Daun bambu yang telah bersih dan kering dibuang tulang tengahnya kemudian dijemur agar kering lalu dibakar pada wadah tahan api.
3. Daun bambu ampel yang telah dibakar kemudian di saring pada *sieve 100 mesh*.
4. Kemudian masukan kedalam *oven furnace* untuk dilakukan proses kalsinasi.
5. Menghidupkan *oven furnace*, Lalu mengatur temperatur pemanasan pada 600°C. Atur berapa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan, Kemudian atur waktu yang dibutuhkan untuk pendiaman pemanasan, dalam penelitian ini waktu yang di butuhkan untuk pendiaman pemanasan adalah 120 menit.
6. Menyaring kembali hasil kalsinasi daun bambu yang telah menjadi *fly ash* menggunakan *sieve 400 mesh*.

7. PEG 6000 dipanaskan menggunakan oven hingga pada titik lelehnya yaitu 105°C untuk mendapatkan cairan PEG 6000
8. Silika dilarutkan didalam cairan PEG 6000 tersebut dengan perbandingan 1:5. Larutan dicampur dengan air kemudian diaduk dengan alat *magnetic stirrer* selama 15 menit.
9. Kemudian dilanjutkan proses ultrasonikasi dengan waktu 120 menit pada *ultrasonic bath* untuk memecah partikel silika menjadi nano, lalu larutan hasil ultrasonikasi dikeringkan dengan oven
10. Hasil sonikasi didiamkan selama 48 jam untuk menghasilkan endapan nanosilika. Kemudian dilakukan proses kalsinasi dengan suhu 600°C .

3.3.2 Pengujian Sifat Fisik dan Kimia *Fly ash* Daun Bambu Ampel

1. XRD (*X-ray diffraction*)

XRD merupakan metode atau alat yang digunakan untuk menentukan struktur atom dengan cara mendifraksikan seberkas sinar-X ke segala arah. Dengan mengukur sudut dan intensitas difraksi sinar ini, kristalografer dapat menghasilkan gambar tiga dimensi mengenai kepadatan elektron di dalam kristal. Dari gambar kepadatan elektron ini, posisi rata-rata atom di dalam kristal dapat ditentukan, serta ikatan kimia yang terkandung dalam atom tersebut, entropi, dan berbagai informasi lainnya.

2. XRF (*X-ray fluorescence*)

XRF (*X-ray fluorescence spectrometry*) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sampel cair. Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material.

3. SEM (*Scanning Electron Miscroscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop elektron yang digunakan untuk melihat permukaan citra suatu bahan, selain itu juga dapat memberikan informasi terkait komposisi kimia dalam suatu bahan, baik bahan konduktif maupun bahan non

konduktif. Kemampuan ini yang membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.

3.3.3 Prosedur Pembuatan Lumpur Standar

Langkah pembuatan lumpur standar menurut (ISO, 2006)

Pembuatan lumpur pemboran berbahan dasar *bentonite* :

1. Mempersiapkan *Mud Mixer* dan *Cup Mixer*.
2. Menimbang *bentonite* sebesar 22.5 gr dan air sebanyak 350 ml.
3. Menimbang aditif berupa *xanthan gum* 0.4 wt%, *polyanionic cellulose* 0.3 wt%, *pregelatinized starch* 3 wt%, dan potassium klorida 5 wt%
4. Mix *bentonite* dan air selama 20 menit dengan penambahan aditif *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch* , dan potassium klorida
5. Diamkan lumpur yang telah dibuat selama 16 jam dalam keadaan wadah tertutup pada suhu ruangan.
6. Setelah 16 jam, aduk lumpur dan masukkan kedalam mud mixer. Lalu, mix selama 5 menit.

Pembuatan lumpur pemboran berbahan dasar *fly ash* :

1. Mempersiapkan *Mud Mixer* dan *Cup Mixer*.
2. Menimbang *fly ash* sebesar 14 gr, 17.5 gr, 22.5 gr, 24.5 gr dan air sebanyak 350 ml.
3. Menimbang aditif berupa *xanthan gum* 0.1 wt%, *polyanionic cellulose* 0.3 wt%, *pregelatinized starch* 3 wt%, dan potassium klorida 5 wt%
4. Mix *fly ash* dan air selama 20 menit dengan penambahan aditif *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch* , dan potassium klorida
5. Diamkan lumpur yang telah dibuat selama 16 jam dalam keadaan wadah tertutup pada suhu ruangan.
6. Setelah 16 jam, aduk lumpur dan masukkan kedalam mud mixer. Lalu, mix selama 5 menit.

3.3.4 Prosedur Pengujian *Filtration loss* dan *Mud cake*

Setelah dilakukan pembuatan normal *mud*, kemudian dilakukan pengujian *filtration loss* dan *mud cake* sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat *filter press* dan segera pasang *filter paper* serapat mungkin dan letakkan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung fluida filtrat.
2. Menuangkan campuran lumpur kedalam silinder sampai batas 1 inch dibawah permukaan silinder, ukur dengan jangka sorong dan segera tutup rapat.
3. Kemudian alirkan udara dengan tekanan 100 psi.
4. Mencatat *volume* filtrat sebagai fungsi dari waktu dengan stop watch. Dengan catatan waktu akhir saat filtrat tidak menetes lagi kedalam gelas ukur.
5. Menghentikan penekanan udara, buang tekanan udara dengan silinder (*bleed off*) dan sisa lumpur dalam silinder dituangkan kembali kedalam *mixer cup*.
6. Menentukan tebal *mud cake* yang terbentuk dengan jangka sorong.

3.3.5 Prosedur Pengukuran *Shear Stress* dengan *Fann VG Meter*

1. Mengisi bejana dengan lumpur sampai batas yang ditentukan.
2. Meletakkan bejana pada tempatnya, serta mengatur kedudukannya sedemikian rupa sehingga rotor dan bob tercelup ke dalam lumpur menurut batas yang telah di tentukan.
3. Menggerakkan rotor pada posisi *high* dan menempatkan kecepatan putar rotor pada kedudukan 600 RPM. Pemutaran terus dilakukan sehingga kedudukan skala (dial) mencapai keseimbangan. Mencatat harga yang ditunjukkan oleh skala. Pencatatan harga yang ditunjukkan oleh skala penunjuk setelah mencapai keseimbangan dilanjutkan untuk kecepatan 300, 200, 100, 6 dan 3 RPM dengan cara yang sama seperti di atas.

3.3.6 Prosedur Pengukuran *Gel strength* dengan *Fann VG Meter*

1. Setelah selesai pengukuran Shear Stress, mengaduk lumpur dengan Fann VG pada kecepatan 600 RPM selama 10 detik.
2. Mematikan Fann VG, kemudian diamkan lumpur selama 10 detik.
3. Setelah 10 detik menggerakkan rotor pada kecepatan 3 RPM. Membaca simpangan maksimum pada skala penunjuk.
4. Mengaduk kembali lumpur dengan Fann VG pada kecepatan rotor 600 RPM selama 10 detik.
5. Mengulangi kerja diatas untuk *Gel strength* 10 menit. (Untuk *Gel strength* 10 menit, lama pendiaman lumpur 10 menit).

3.4 TEMPAT PENELITIAN DAN JADWAL PENELITIAN

Penelitian dan analisa *Fly ash* daun bambu dan aditif *xanthan gum*, *polyanionic cellulose*, *pregelatinized starch*, dan potassium klorida terhadap pengendalian *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran akan dilakukan di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan teknik pengumpulan data dan jadwal kegiatan sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (2020)					
	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Studi Literatur						
Pembuatan Proposal						
Seminar Proposal						
Persiapan sampel						
Pembuatan <i>Fly ash</i> Abu Daun Bambu Ampel						
Sonikasi <i>Fly ash</i> Daun Bambu Ampel						
Pembuatan Lumpur dan Pengujian <i>Rheology</i> Lumpur Pemboran						
Pembuatan Lumpur dan Pengujian <i>Filtration loss</i> Lumpur Pemboran						
Analisa Data						
Membuat Laporan Hasil						
Sidang Tugas Akhir						

Pada tabel 3.3, kegiatan penelitian dimulai dari bulan Mei dan direncanakan berakhir pada bulan Oktober Tahun 2020. Dikarenakan kendala pandemi global COVID-19, sehingga waktu pelaksanaan bergeser sampai bulan Maret Tahun 2021. Kegiatan yang terkendala yaitu pembuatan lumpur pemboran, pengujian rheology dan filtration loss lumpur pemboran, analisa data dan sidang tugas akhir yang diindikasikan dengan tabel berwarna merah.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini peneliti menyampaikan hasil yang diperoleh dari penelitian “Studi Sifat *Fly ash* Daun Bambu Ampel Sebagai Pengganti *Bentonite* Melalui Pengujian *Filtration loss* Dan *Rheology* Lumpur Pemboran”. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran *fly ash* daun bambu ampel sebagai substitusi pada *bentonite* dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel sebagai pengganti *bentonite* terhadap sifat yang mendekati nilai standar API lumpur pemboran. *Fly ash* peneliti diuji dahulu kandungan yang terdapat pada *fly ash* menggunakan uji XRF dan XRD, selain itu ukuran partikel pada *fly ash* juga diuji menggunakan uji SEM untuk menentukan apakah *fly ash* yang disonikasi memberi pengaruh pada ukuran partikel *fly ash*. Selanjutnya *fly ash* diuji pada nilai *filtration loss* dan *rheology* lumpur pemboran menggunakan alat *Fann VG Meter* dan LPLT dengan variasi *fly ash* 14 gr, 17.5 gr, 22.5 gr, dan 24.5 gr. Hasil yang didapat oleh peneliti sebagai berikut :

4.1 HASIL PENGUJIAN KOMPOSISI *FLY ASH* DAUN BAMBU AMPEL

Pengujian komponen pada sampel banyak macamnya, salah satunya adalah uji XRF. XRF merupakan salah satu uji material yang terkandung di dalam suatu sampel. Uji XRF yang dihasilkan pada sampel berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif yaitu berupa teridentifikasinya jenis-jenis unsur makro yang terkandung dalam suatu sampel yang akan diujikan berdasarkan hasil pancaran sinar-x karakteristik yang dipancarkan oleh unsur dalam suatu sampel tersebut. Sedangkan data kuantitatif berupa jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum yang ditunjukkan dalam bentuk nilai (Jamaludin & Adiantoro, 2012).

Pada pengujian ini, *fly ash* harus memenuhi kriteria *fly ash* berdasarkan ASTM-C618 (ASTM, 2014) agar didapat kelas *fly ash* yang dicari. Penggunaan *fly ash* untuk pengujian XRF membutuhkan 5 gram sampel. Pengujian dilakukan

di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang. Hasil pengujian XRF *fly ash* didapat seperti berikut :

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Komposisi *Fly ash* Daun Bambu Ampel Menggunakan Uji XRF

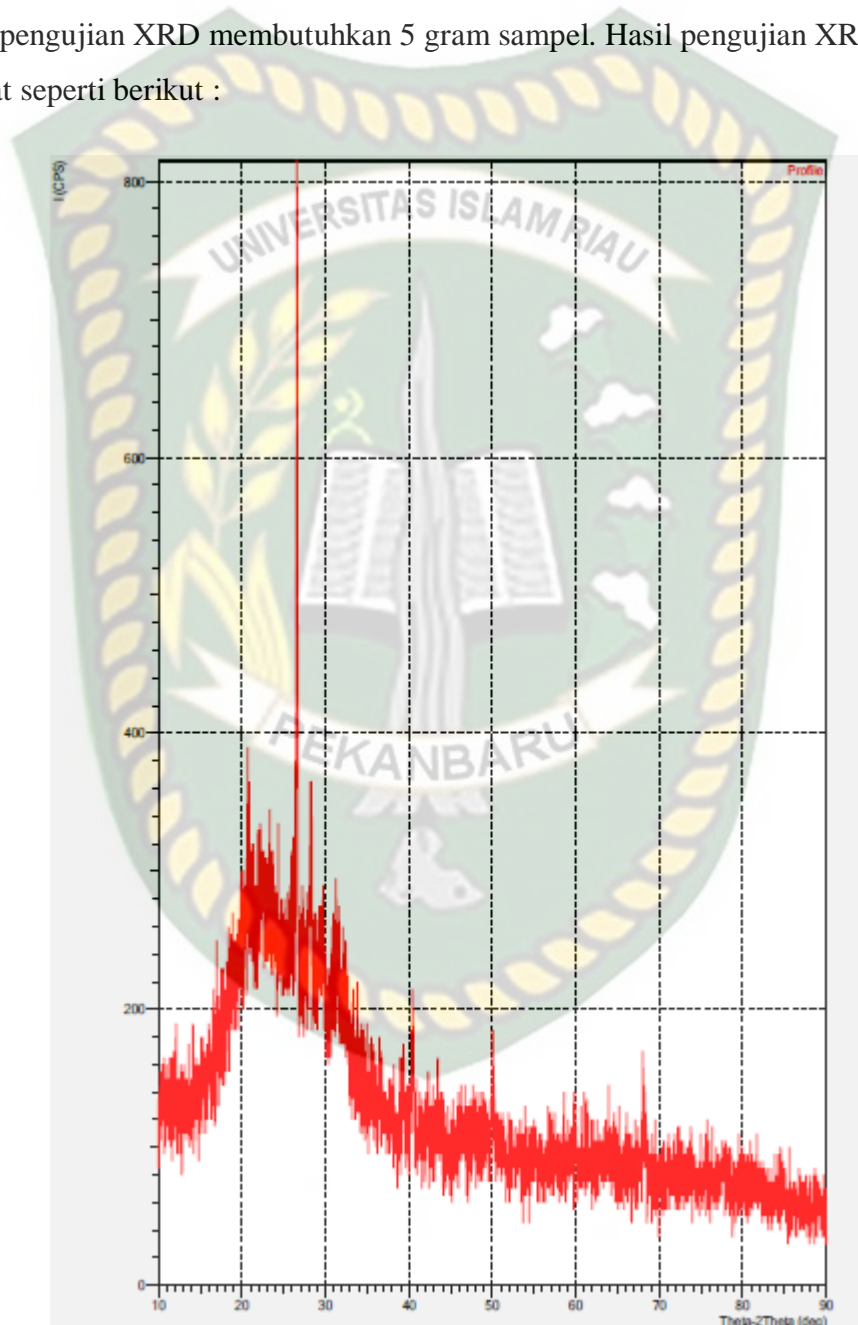
Formula	Konsentrasi (%)	Formula	Konsentrasi (%)
SiO ₂	57.06	MnO	0.15
Al ₂ O ₃	1.65	TiO ₂	0.10
Fe ₂ O ₃	0.26	ZnO	0.05
P ₂ O ₅	2.06	SrO	0.02
SO ₃	1.66	Rb ₂ O	0.01
K ₂ O	6.81	CuO	0.01
MgO	1.46	ZrO ₂	0.01
Cl	0.91	Br	0.01
CaO	6.72		

Pada tabel 4.1 dapat dilihat yaitu senyawa kimia SiO₂ yang terdapat di dalam *fly ash* daun bambu ampel cukup dominan dengan konsentrasi sebesar 57.06 %. Senyawa penting lainnya dalam penentuan kelas *fly ash* yaitu Al₂O₃ memiliki nilai konsentrasi sebesar 1.65% dan Fe₂O₃ yaitu sebesar 0.65%. Senyawa Al₂O₃ dan Fe₂O₃ kecil dikarenakan sampel yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan daun bambu ampel, dikarenakan menggunakan bahan organik yang terbuat dari daun bambu ampel menyebabkan kandungan senyawa logam aluminium oksida (Al₂O₃) dan besi (III) oksida (Fe₂O₃) sedikit. Berdasarkan (ASTM, 2014) bahwa sampel *fly ash* daun bambu ampel yang diuji termasuk ke dalam golongan kelas *fly ash* tipe C dengan nilai kriteria yaitu jumlah konsentrasi SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ yaitu lebih dari 50 persen sehingga sampel *fly ash* daun bambu ampel merupakan sampel yang layak untuk diuji pada uji lumpur pemboran.

4.2 HASIL PENGUJIAN STRUKTUR MINERAL *FLY ASH* DAUN BAMBU AMPEL

Untuk mengetahui stuktur mineral pada sampel dibutuhkan pengujian yang bernama XRD. XRD merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen minor yang terdapat pada sampel, terutama penentuan jenis kristal. Prinsipnya, sinar-X pada alat XRD memancarkan sinar tersebut dan

terbias dari berkas cahaya dari sampel tersebut. Hasil dari biasan tersebut menunjukkan susunan atom pada bagian kristalnya (Setiabudi, Hardian, & Muzakir, 2012). Selain itu, informasi yang didapat dari difraksi sinar-X pada uji XRD yaitu titik puncak difraksi, jarak antar bidang, dan intensitas relatif puncak difraksi (Munasir, Triwikantoro, Zainuri, & Darminto, 2012). Penggunaan *fly ash* untuk pengujian XRD membutuhkan 5 gram sampel. Hasil pengujian XRD *fly ash* didapat seperti berikut :

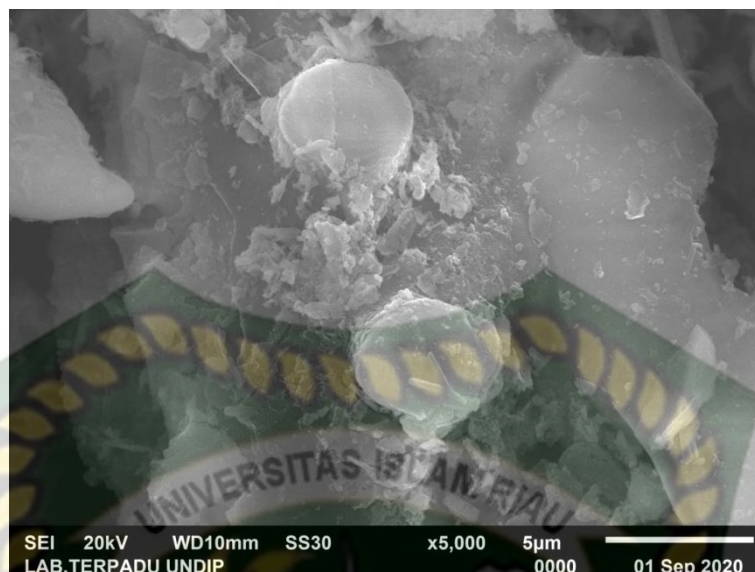


Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian XRD *Fly ash* Daun Bambu Ampel

Berdasarkan gambar grafik 4.1 bahwa SiO_2 pada *fly ash* daun bambu ampel memiliki puncak intensitas 1212 cps (counts per second), dimana memiliki sudut difraksi (Theta-2Theta) pada titik 26.6° . Berdasarkan (Chen, 1977) bahwa nilai 2θ sampel *fly ash* daun bambu ampel yang diuji memiliki sifat berbentuk kristal *quartz* dimana fasa *quartz* yaitu fasa awal dari silika (Anderson & Anderson, 2010). Selain fasa mineral *quartz*, terdapat titik puncak yang lebih rendah yaitu pada sudut difraksi $2\theta = 28.2^\circ$ dengan puncak intensitas 369 cps (counts per second) merupakan fasa mineral *enstatite*. *Enstatite* merupakan mineral pengikat rantai ikatan silika dan magnesium, yang bersifat dapat menyerap H_2O (Loring, Miller, Thompson, & Schaefer, 2019).

4.3 HASIL PENGUJIAN MORFOLOGI FLY ASH DAUN BAMBU AMPEL

Pengujian morfologi untuk sampel biasanya menggunakan SEM. SEM-EDX (Scanning Electro Microscope – Energy Dispersive X-Ray) merupakan pengujian atau metode karakterisasi pada partikel sampel yang dilengkapi dengan EDX yang merupakan uji kandungan bahan pada sampel yang dimana cara kerjanya seperti alat XRF. SEM menggunakan mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 hingga 3 juta kali, memiliki depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 hingga 10 nm. Dari kemampuannya itu, SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian skala laboratorium hingga skala teknikal (industri) (Farikhin, 2016). Komponen utama alat SEM ada tiga, yaitu lensa elektromagnetik, sumber elektron, dan imaging detector. Terdapat dua jenis detektor pada SEM, yaitu Backscattered Electrons (BSE) dan Secondary Electrons Imaginating (SEI) (Sujatno, Salam, & Dimiyati, 2015). Pengujian SEM ini menggunakan sampel *fly ash* daun bambu sebanyak 2 gram. Hasil karakterisasi SEM sebagai berikut :



Gambar 4.2 Morfologi *Fly ash* Daun Bambu Ampel Menggunakan SEM-EDX

Pada gambar 4.2 menunjukkan karakterisasi struktur partikel dari *fly ash* daun bambu ampel. Dengan perbesaran 5000x dan High Voltage sebesar 20 kV ditunjukkan bahwa bentuk struktur partikel dari *fly ash* daun bambu ampel ini dominan granular. Granular ialah bentuk partikel kecil yang dimana bentuk partikelnya cenderung berbentuk bulat. *Fly ash* yang diuji menunjukkan bahwa sampel *fly ash* daun bambu ampel masuk dalam kategori kelas C *fly ash* berdasarkan bentuk morfologi seperti disebutkan oleh penelitian (Stevens et al., 2009).

Tabel 4. 2 Hasil Komposisi Elemen *Fly ash* Daun Bambu Ampel Menggunakan EDX

Element	Mass %
C K	16.89
O K	53.14
Mg K	0.83
Al K	0.3
Si K	21.95
P K	0.35
S K	0.28
Cl K	0.55
K K	3.08
Ca K	1.81
Cu K	0.83

Hasil komposisi sampel *fly ash* daun bambu ampel pada EDX ditunjukkan pada tabel 4.2. Berdasarkan hasil tersebut, sampel *fly ash* daun bambu ampel didominasi oleh unsur oksigen (O) dengan konsentrasi 53.14%. Hal ini dikarenakan sampel *fly ash* daun bambu ampel diproses dengan cara oksidasi (pembakaran) sehingga sampel didominasi unsur oksigen (O). Silikon merupakan unsur kedua terbanyak pada sampel *fly ash* daun bambu ampel, silikon diproduksi dari komponen daun bambu ampel dimana dibuktikan dengan penelitian (Umoh & Odesola, 2015) dimana unsur yang dominan selain oksigen yaitu Silikon (Si). Silika yang terbentuk pada sampel *fly ash* daun bambu ampel berguna sebagai pengikat atau pozzolan pada sampel sehingga dapat digunakan sebagai bahan fluida lumpur pemboran.

4.4 PENGUJIAN *RHEOLOGY* LUMPUR PEMBORAN

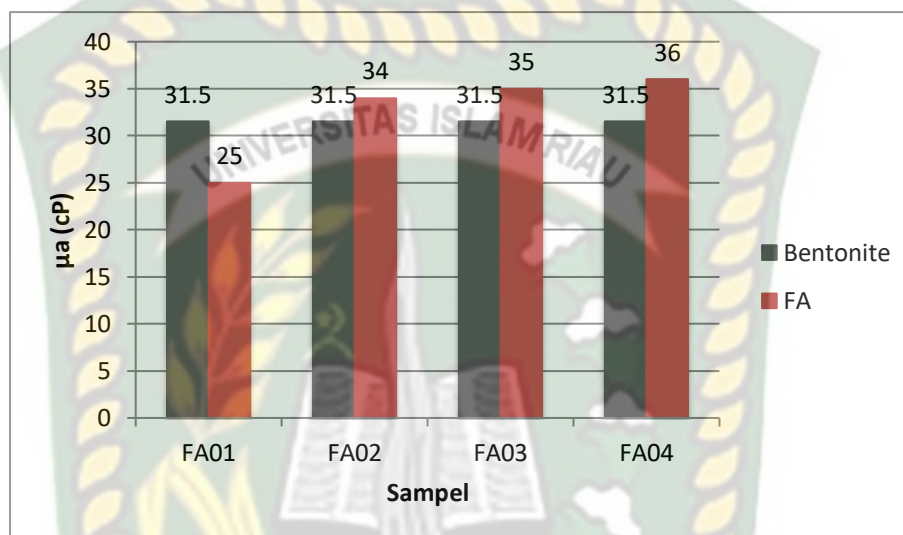
Pengujian *Rheology* lumpur pemboran menggunakan sampel *fly ash* daun bambu ampel serta *bentonite* sebagai acuan standar lumpur pemboran. Variasi massa *fly ash* daun bambu ampel yaitu 4%, 5%, 6.5%, dan 7% dengan aditif *xanthan gum* 0.4%, polyanionic cellulose 0.3%, *pregelatinized starch* 3%, dan potassium klorida 5% untuk setiap sampel, serta sampel standar *bentonite* yaitu 6.5%. Hasil *rheology* lumpur pemboran didapat sebagai berikut :

4.4.1 Viskositas Nyata (μ a)

Pengujian viskositas nyata ini menggunakan alat *Fann VG Meter* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %). Untuk variabel aditif tetap pada tiap sampel lumpur menggunakan aditif *xanthan gum* 0.4%, PAC 0.3%, PS 3%, dan KCL 5%.

Kode Sampel	Sampel		μ_a (cP)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	31.5
FA01	-	4%	25
FA02	-	5%	34
FA03	-	6.5%	35
FA04	-	7%	36

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Viskositas Nyata



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Viskositas Nyata

Viskositas nyata merupakan suatu fenomena yang mengindikasikan keengganan fluida untuk mengalir. Viskositas memiliki nilai shear stress vs shear rate yang konstan. Dengan kata lain, viskositas ini tidak dipengaruhi oleh gaya friksi. Oleh karena itu, viskositas ini juga disebut dengan “single point *viscosity*” (Caenn, Darley, & Gray, 2017) (Company, 2014). Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh peneliti. Bisa dilihat berdasarkan gambar diatas, bahwa sampel *fly ash* memiliki nilai viskositas nyata lebih tinggi dibandingkan sampel lumpur standar *bentonite*. Nilai viskositas nyata pada sampel *fly ash* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan *fly ash*. Didapat nilai viskositas nyata tertinggi pada sampel FA04 (24.5 gr) dengan nilai 36 cP dan yang terendah terdapat pada sampel FA01 (14 gr) dengan nilai 25 cP serta lumpur standar *bentonite* didapatkan nilainya yaitu 31.5 cP. Jika dibandingkan dengan keempat sampel *fly ash*, nilai viskositas nyata memenuhi kriteria lumpur standar API *bentonite*. Dengan meningkatnya nilai viskositas nyata setiap penambahan konsentrasi *fly ash* daun

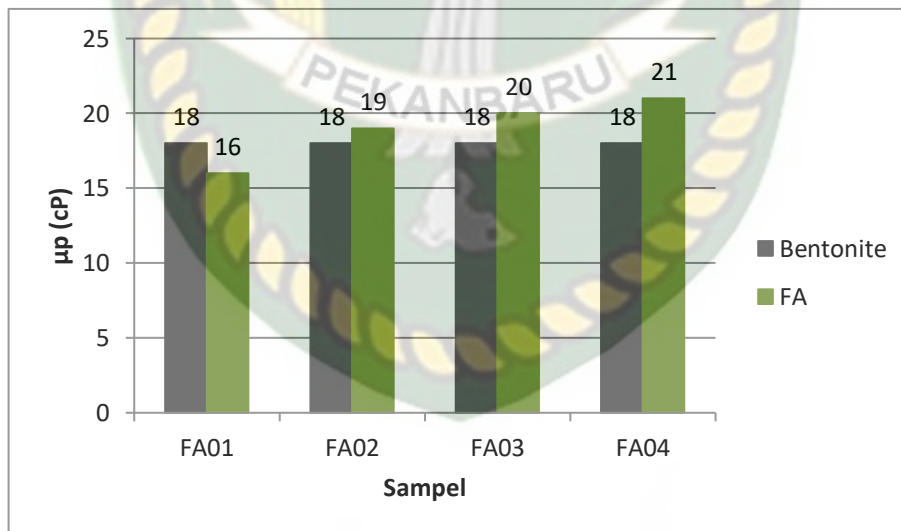
bambu ampel, maka sampel lumpur *fly ash* daun bambu ampel yang dapat dikategorikan sebagai bahan lumpur *viscosifier*.

4.4.2 Viskositas Plastik (μp)

Pengujian viskositas plastik ini menggunakan alat *Fann VG Meter* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %). Untuk variabel aditif tetap pada tiap sampel lumpur menggunakan aditif *xanthan gum* 0.4%, PAC 0.3%, PS 3%, dan KCL 5%.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Viskositas Plastik

Kode Sampel	Sampel		μp (cP)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	18
FA01	-	4%	16
FA02	-	5%	19
FA03	-	6.5%	20
FA04	-	7%	21



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Viskositas Plastik

Viskositas plastik (μp) merupakan bagian dari viskositas, yang dimana merupakan fenomena keengganan fluida untuk mengalir pada suatu bidang yang dipengaruhi oleh gaya friksi. Penentuan nilai viskositas plastik berdasarkan hasil yang didapat dari alat *Fann VG Meter* (Professors, 2005) (Rubiandini, 2009).

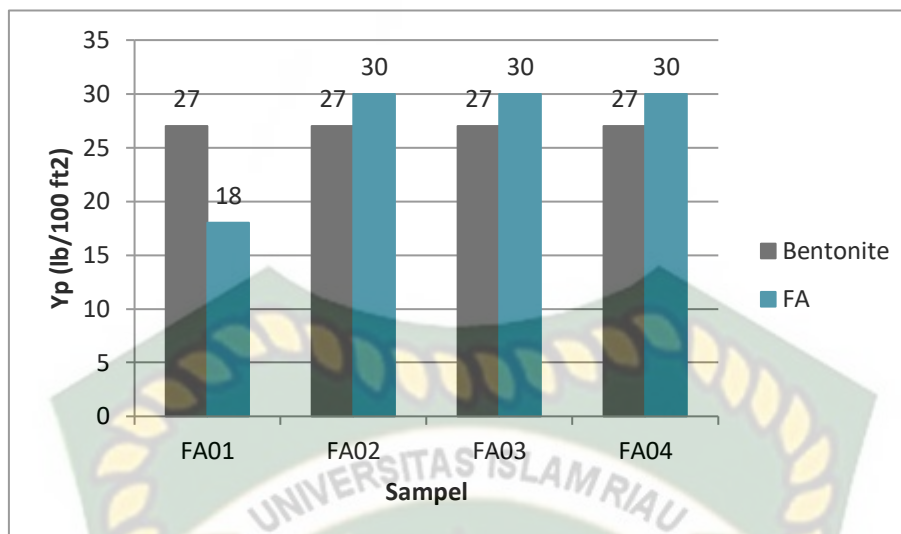
Berdasarkan pada gambar diatas, bahwa nilai viskositas plastik pada sampel *fly ash* daun bambu ampel mengalami kenaikan seiring dengan penambahan massa *fly ash* daun bambu ampel. Oleh karena itu, nilai viskositas plastik tertinggi terdapat pada sampel FA04 (24.5 gr) dengan nilai 21 cP sedangkan nilai viskositas plastik terendah terdapat pada sampel FA01 (14 gr) dengan nilai 16 cP. Pada sampel lumpur standar *bentonite* didapat nilai viskositas plastik sebesar 18 cP. Kenaikan nilai viskositas plastik dikarenakan sifat *fly ash* yang pozzolan atau menggumpal (V. Mahto et al., 2013), Jika dibandingkan dengan keseluruhan sampel *fly ash*, viskositas plastik pada *fly ash* masuk pada kategori lumpur standar API *bentonite*. Viskositas plastik juga berpengaruh terhadap peralatan pemboran pada saat lumpur pemboran di sirkulasi seperti kemampuan pompa lumpur untuk di sirkulasi ke dalam lubang pemboran dan juga berpengaruh terhadap kecepatan penetrasi pada *drill bit* (ROP). Nilai viskositas yang naik setiap penambahan konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel mengindikasikan bahwa kemampuan pompa lumpur pemboran juga meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel dan berpengaruh pada kecepatan penetrasi *drill bit* sehingga faktor ini harus diperhatikan agar kecepatan penetrasi pada *drill bit* (ROP) tetap terjaga.

4.4.3 Yield point

Pengujian *yield point* ini menggunakan alat *Fann VG Meter* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %). Untuk variabel aditif tetap pada tiap sampel lumpur menggunakan aditif *xanthan gum* 0.4%, PAC 0.3%, PS 3%, dan KCL 5%.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian *Yield point*

Kode Sampel	Sampel		Yp (lb/100 ft ²)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	27
FA01	-	4%	18
FA02	-	5%	30
FA03	-	6.5%	30
FA04	-	7%	30



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian *Yield Point*

Yield point merupakan gaya resistansi tarik menarik antar partikel fluida yang terdispersi pada kondisi saat membawa *cutting* dari lubang sumur ke permukaan. *Yield point* ditentukan berdasarkan pada kondisi fluida pada saat awal mengalir (Company, 2014). Nilai *yield point* didapat dari hasil pembacaan pada alat *Fann VG Meter*. Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar, didapat nilai *yield point* yang seragam pada sampel FA02 (17.5 gr), FA03 (22.5 gr) dan FA04 (24.5 gr) yang bernilai 30 lb/100 ft², sedangkan pada sampel FA01 didapat nilai *yield point* sebesar 18 lb/100 ft². Kenaikan nilai *yield point* pada sampel FA01 ke sampel FA02, FA03, dan FA04 sebesar 40 persen. Untuk sampel lumpur standar *bentonite* didapat *yield point* sebesar 27 lb/100 ft².

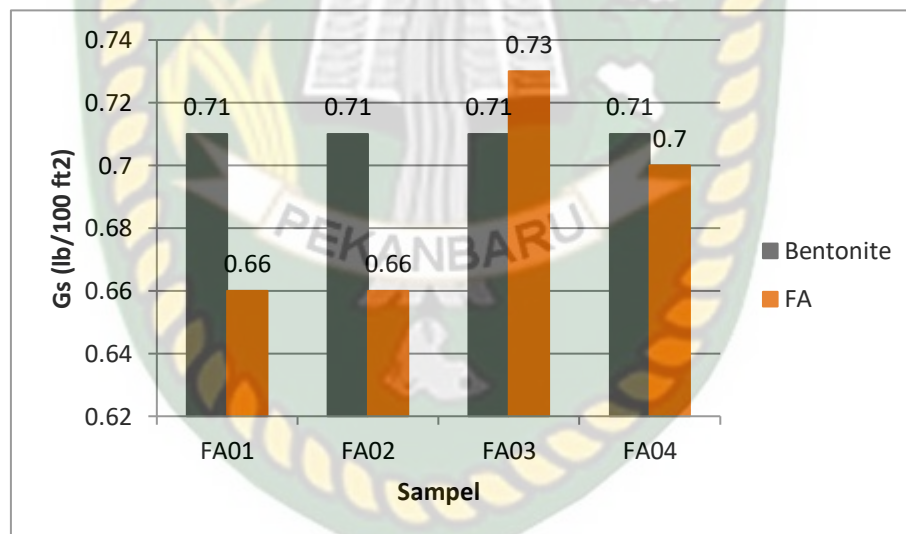
Kenaikan yang konstan dari sampel *fly ash* daun bambu ampel dikarenakan perhitungan dari pembacaan alat *Fann VG Meter* dan pengaruh nilai dari viskositas plastik. Kenaikan yang konstan ini tidak berpengaruh besar pada setiap penambahan konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada performa lumpur terhadap *cutting* yang dibawa. Artinya, lumpur *fly ash* daun bambu ampel dapat mengangkat *cutting* yang terbawa dari lubang pemboran menuju permukaan. Dari data yang ditampilkan dapat disimpulkan bahwa untuk sampel FA02, FA03, dan FA04 dapat masuk kedalam kategori lumpur standar API *bentonite*.

4.4.4 Gel strength

Pengujian *gel strength* ini menggunakan alat *Fann VG Meter* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %). Untuk variabel aditif tetap pada tiap sampel lumpur menggunakan aditif *xanthan gum* 0.4%, PAC 0.3%, PS 3%, dan KCL 5%.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian *Gel strength*

Kode Sampel	Sampel		Gs (lb/100 ft ²)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	0.71
FA01	-	4%	0.66
FA02	-	5%	0.66
FA03	-	6.5%	0.73
FA04	-	7%	0.7



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian *Gel Strength*

Gel strength merupakan gaya tarik menarik antar partikel terdispersi pada fluida yang dimana saat kondisi statis. *Gel strength* mengindikasikan beban *cutting* yang dapat ditahan oleh fluida pada saat kondisi diam (Professors, 2005). Berdasarkan pada gambar ini, didapatkan nilai *gel strength* yang cukup bervariasi, sampel FA01 (14gr) dan FA02 (17.5 gr) didapat nilai *gel strength* yaitu 0.66 lb/100 ft². Sampel FA03 (22.5 gr) mendapatkan nilai *gel strength* tertinggi yaitu

0.73 lb/100 ft² dan sampel FA04 (24.5 gr) mendapatkan nilai *gel strength* sebesar 0.7 lb/100 ft². Untuk sampel lumpur standar *bentonite* didapat nilai *gel strength* yaitu 0.71 lb/100 ft². Dari penilaian *gel strength* semua sampel *fly ash* bahwasanya nilai *gel strength* pada *bentonite* hampir menyamai nilainya dengan sampel FA03 dan FA04. Hasil dari pengujian ini mengindikasikan setiap penambahan sampel *fly ash* daun bambu ampel membawa sedikit pengaruh terhadap *gel strength*, artinya semua sampel lumpur pada *fly ash* daun bambu ampel dapat menahan *cutting* ketika kondisi statis dan semua sampel lumpur *fly ash* daun bambu ampel dapat berfungsi menahan *cutting* dengan baik. Dari hasil ini mengindikasikan bahwa semua sampel untuk pengujian nilai *gel strength* sesuai dengan sampel standar API *bentonite*.

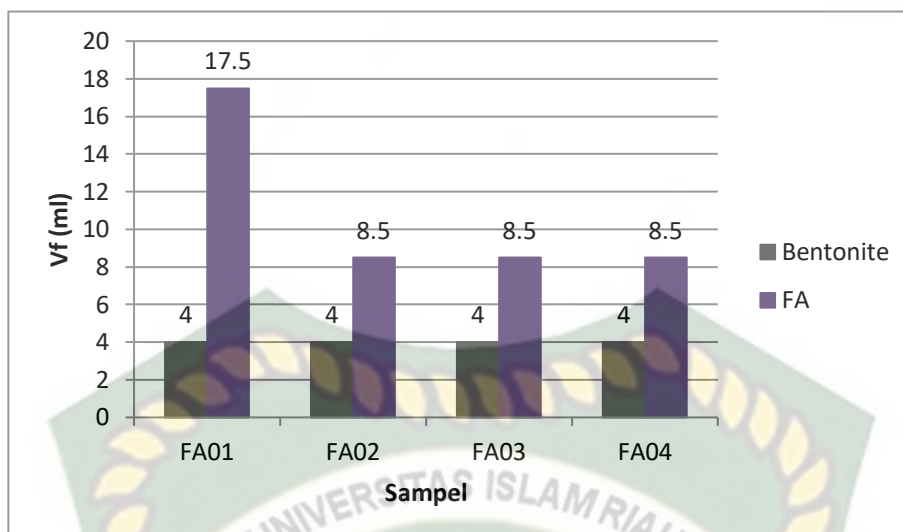
4.5 PENGUJIAN *FILTRATION LOSS* LUMPUR PEMBORAN

4.5.1 *Filtration loss*

Pengujian *filtration loss* ini menggunakan alat *LPLT filter press* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %). Untuk variabel aditif tetap pada tiap sampel lumpur menggunakan aditif *xanthan gum* 0.4%, PAC 0.3%, PS 3%, dan KCL 5%

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan *Filtrate Volume*

Kode Sampel	Sampel		<i>Filtrate volume</i> (ml)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	4
FA01	-	4%	17.5
FA02	-	5%	8.5
FA03	-	6.5%	8.5
FA04	-	7%	8.5



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Perhitungan *Filtrate Volume*

Filtration loss merupakan suatu fenomena yang dimana fasa cair dari fluida lumpur masuk kedalam formasi permeabel, sehingga sebagian fasa cair dari lumpur menghilang. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti yang ditampilkan pada gambar, bahwa penambahan jumlah konsentrasi *fly ash* memiliki sedikit dampak pada hasil. Hal ini dilihat pada hasil pada sampel FA02 (17.5 gr), FA03 (22.5 gr), dan FA04 (24.5 gr) yang memiliki nilai *filtrate volume* sebesar 8.5 ml. Pada sampel FA01 (14 gr), nilai *filtrate volume* didapatkan sebesar 17.5 ml, sehingga penurunan *filtrate volume* pada sampel FA02 (17.5 gr) sebesar 51 persen. Pada sampel lumpur standar *bentonite* didapat nilai *filtrate volume* sebesar 4 ml. Dari pengujian ini nilai filtrat pada sampel *fly ash* daun bambu ampel cenderung konstan, namun terjadi penurunan yang sangat signifikan pada sampel awal (FA01) ke sampel berikutnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan *fly ash* membawa pengaruh pada konsentrasi terhadap nilai *filtrate volume*.

Partikel pada sampel *fly ash* daun bambu ampel (FA01) masih belum dapat menahan fasa filtrat yang hilang akibat dari tekanan. Pada konsepnya ketika partikel *fly ash* terakumulasi, maka akan membentuk sistem impermeabel *filter cake* yang dimana dapat menahan kehilangan fasa filtrat dari lumpur. Untuk sampel lumpur FA01 (14 gr) belum dikatakan sampel yang optimal dikarenakan

sifat pozzolan pada sampel *fly ash* daun bambu ampel masih belum cukup untuk menahan filtrat dari tekanan sehingga filtrat yang keluar pada alat cukup banyak.

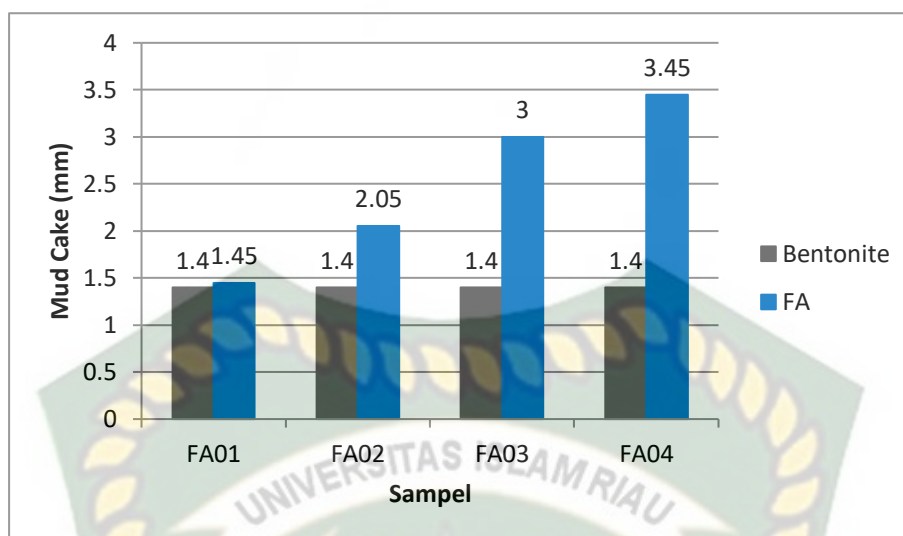
Untuk konsentrasi sampel FA02 (17.5 gr), FA03 (22.5 gr), dan FA04 (24.5 gr) didapat nilai *filtrate volume* sebesar 8.5 ml. Berdasarkan standar API 13A bahwa sampel ini dapat masuk dalam kategori standar lumpur pemboran API. Selain itu, sampel ini dapat dijadikan sebagai bahan *filtration loss control loss agent* dikarenakan dapat menekan *filtrate volume* dari sampel FA02 (17.5 gr). Partikel *fly ash* yang optimal dapat mengikat partikel lainnya sehingga terakumulasi dan dapat tertahan akibat terbentuk *mud cake* yang dimana dapat mengurangi permeabilitas yang dapat menyebabkan fasa fluida lumpur pemboran hilang (V. Mahto et al., 2013). Walaupun nilai *filtrate volume* lebih tinggi daripada sampel FPA *bentonite*, pemakaian bahan yang sedikit pada sampel FA02 sebesar 17.5 gr dapat menekan konsentrasi pemakaian lumpur pemboran, sehingga biaya pembuatan sampel yang dikeluarkan lebih kecil.

4.5.2 *Mud cake*

Pengujian *mud cake* ini menggunakan alat *LPLT filter press* yang dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran dengan variasi *fly ash* 4%, 5%, 6.5%, 7% serta sampel standar *bentonite* dengan massa 6.5% (w/v %).

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian *Mud cake*

Kode Sampel	Sampel		MC (mm)
	<i>Bentonite</i>	<i>Fly ash</i>	
FPA	6.5%	-	1.4
FA01	-	4%	1.45
FA02	-	5%	2.05
FA03	-	6.5%	3
FA04	-	7%	3.45



Gambar 4. 8 Hasil Pengujian *Mud Cake*

Mud cake merupakan produk yang dihasilkan pada pengujian *LPLT filter press*. Pada saat *LPLT* diberi tekanan, maka fluida akan mendorong ke penampung filtrat, yang dimana merupakan pengujian *filtration loss*. Pada saat diberi tekanan, fluida akan terbentuk suatu sistem yang disebut *mud cake*, fungsi *mud cake* ini yaitu menahan filtrat yang mencegah keluar dari sistem. Untuk skala lapangan, *mud cake* berguna sebagai bantalan pada pipa pengeboran pada saat dimasukkan dan dikeluarkan sehingga mudah dikeluarkan. Ketebalan *mud cake* merupakan hal yang patut diperhatikan pada saat proses pengeboran. *Mud cake* yang tebal juga memberi kerugian pada kegiatan pengeboran. *Mud cake* yang tebal dapat mengakibatkan pipa pemboran tersangkut, sehingga proses pengeboran menjadi terhambat (Rubiandini, 2009).

Hasil pengujian ketebalan *mud cake* ditunjukkan pada gambar 4.8. Nilai *mud cake* cenderung meningkat dengan penambahan jumlah konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel hingga 58 persen. Ketebalan *mud cake* tertinggi didapat pada sampel FA04 (24.5 gr) dengan ketebalan 3.45 mm dan terkecil didapat pada sampel FA01 (14 gr) dengan ketebalan 1.45 mm, sedangkan lumpur FPA *bentonite* memiliki *mud cake* dengan ketebalan 1.4 mm. Jika dibandingkan dengan sampel *fly ash* daun bambu ampel lainnya, maka kategori penilaian *mud cake* masih dalam standar lumpur pemboran. Peningkatan ketebalan *mud cake*

diakibatkan oleh sifat pozzolan dari *fly ash* yang dimana *fly ash* cenderung untuk menggumpal jika bereaksi dengan air. Hal ini sesuai dengan penelitian (Ozkan et al., 2018) dimana peningkatan ketebalan *mud cake* setiap penambahan konsentrasi *fly ash* sehingga *fly ash* tersebut bertindak sebagai *bridging agent drilling fluid*. Partikel pada *fly ash* cenderung mengikat antar partikel lainnya dengan air, ketika partikel tersebut terakumulasi, maka fluida *fly ash* membentuk produk *impermeabel filter cake*, yang dimana berguna untuk menahan fasa cair lumpur *fly ash* agar tidak keluar, sehingga dapat mengontrol *filtration loss* secara baik (V. Mahto et al., 2013).

Hasil pengujian *mud cake* didapat yaitu setiap penambahan konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel pada lumpur pemboran mengalami peningkatan ketebalan *mud cake*. Untuk pengujian ini ketebalan *mud cake* masih dalam batas aman yang artinya lumpur berbahan dasar *fly ash* daun bambu ampel dapat dipakai dalam kegiatan pemboran. Namun untuk penggunaan *fly ash* daun bambu ampel 5% pada sampel FA02 memiliki nilai *mud cake* yang terkecil jika dibandingkan dengan sampel *fly ash* lainnya yang sesuai dengan standar yaitu sebesar 2.05 mm.

. Pada aplikasi lapangannya, bahwa *mud cake* tidak boleh terlalu tebal dikarenakan dapat menjepit pipa pemboran, jika pipa pemboran terjepit maka dilakukan pengoperasian “*back flushing*” yang dapat menambah waktu dan biaya pengoperasian sehingga keadaan tersebut sangat tidak diinginkan pada proses pemboran (Ozkan et al., 2018)

4.6 ANALISA HASIL PENGUJIAN SAMPEL TERHADAP STANDAR API

American Standard Institute (API) mengeluarkan standarisasi segala kegiatan pemboran, terutama untuk standarisasi lumpur pemboran. Pada pengujian ini, lumpur *fly ash* daun bambu ampel diuji dan dibandingkan sesuai dengan standar lumpur API sebagaimana dengan tujuan penelitian ini. Menurut API, standarisasi lumpur pemboran berdasarkan index API 13A (ISO, 2006) seperti yang ditampilkan pada gambar berikut :

Tabel 4. 9 Parameter Standarisasi Lumpur Pemboran yang Ditetapan Oleh API

<i>Test Parameter</i>	<i>Specification</i>
<i>Viscometer dial reading at 600 r/min</i>	minimum 30
<i>Yield point / plastic viscosity ratio</i>	maksimum 3
<i>Gel strength</i>	0.66 - 0.8 lb/100ft ²
<i>Filtrate volume</i>	maksimum 15 ml

Pada pengujian yang dilakukan oleh peneliti menggunakan sampel *fly ash* daun bambu ampel, didapat indikator sesuai dengan standarisasi API, dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Lumpur Pemboran Sampel *Fly ash* Daun Bambu Ampel

Sampel	μ_a (cP)	Y_p / μ_p	<i>Gel strength</i> (lb/100 ft ²)	<i>Filtrate volume</i> (ml)
FPA	31.5	1.5	0.71	4
FA01	25	1.12	0.66	17.5
FA02	34	1.57	0.66	8.5
FA03	35	1.5	0.73	8.5
FA04	36	1.42	0.7	8.5

Berdasarkan hasil diatas, bahwa sampel FA02 merupakan sampel lumpur *fly ash* daun bambu yang optimal dikarenakan hanya menggunakan 17.5 gr sampel *fly ash* daun bambu ampel, dimana performa sampel dapat menyamai performa sampel standar lumpur fluida pemboran aditif berbahan dasar *bentonite* dengan konsentrasi 22.5 gr. Kesimpulannya, *fly ash* daun bambu ampel dapat direkomendasikan sebagai pengganti *bentonite* berdasarkan hasil uji *rheology* dan *filtration loss* serta nilai *mud cake* dimana telah terstandarisasi dari API.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian karakterisasi XRF komposisi *fly ash* daun bambu ampel didapat bahwa *fly ash* memiliki sifat yang termasuk ke dalam kelompok *fly ash* tipe C dengan komposisi SiO_2 sebesar 57.06%, $\text{Al}_2\text{O}_3=1.65\%$, dan $\text{Fe}_2\text{O}_3=0.26\%$. Hasil pengujian XRD didapat mineral yang terkandung pada *fly ash* daun bambu ampel dominan jenis kristal *quartz* yang merupakan fasa awal dari silika dan fasa *enstatite* yang merupakan rantai pengikat antar silika-magnesium.
2. Berdasarkan hasil rheology lumpur pemboran, bahwa sampel *fly ash* lumpur pemboran memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi disetiap penambahan konsentrasi *fly ash* daun bambu ampel sehingga lumpur *fly ash* daun bambu ampel dikategorikan sebagai bahan *viscosifier*. *Filtration loss* pada *fly ash* daun bambu ampel dapat menahan laju filtrat dengan baik pada konsentrasi *fly ash* 5% hingga 7% sehingga dapat dikatakan sebagai bahan *filtration loss control agent*. *Mud cake* pada *fly ash* daun bambu ampel didapat sampel optimal yaitu pada konsentrasi *fly ash* 5% sebesar 2.05 mm. Performa penggunaan konsentrasi 17.5 gr pada *fly ash* daun bambu ampel dapat menyamai performa sampel FPA *bentonite* 22.5 gr, sehingga penggunaan *fly ash* daun bambu ampel berpotensi sebagai substitusi penggunaan *bentonite*.

5.2 SARAN

Karena sampel lumpur *fly ash* daun bambu ampel ditemukan sebagai *viscosifier* dan *filtration loss control agent*, maka untuk penelitian selanjutnya dapat mengurangi penggunaan aditif xanthan gum, polyanionic cellulose, pregelatinized starch dan potassium klorida.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmaruzzaman, M. (2010). A Review on The Utilization of *Fly ash*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3), 327–363.
- Al-hameedi, A. T. T., Alkinani, H. H., Dunn-norman, S., Alashwak, N. A., & Alshammari, A. F. (2019). Environmental Friendly Drilling Fluid Additives : Can Food Waste Products be Used as Thinners and Fluid Loss Control Agents for Drilling Fluid ? Introduction.
- Anderson, R. S., & Anderson, S. P. (2010). *Geomorphology: The Mechanics and Chemistry of Landscapes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ASTM. (2014). Standard Specification for Coal *Fly ash* and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use, 1–5. <https://doi.org/10.1520/C0618>
- Blinov, P. A., Dvoynikov, M. V., Line, V. O., & Petersburg, S. (2020). Rheological and Filtration Parameters of the Polymer Salt Drilling Fluids Based on Xanthan gum, 15(2), 694–697.
- Caenn, R., Darley, H. C. ., & Gray, G. R. (2017). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids* (7th ed.). Elsevier.
- Chen, P.-Y. (1977). *Table of Key Lines in X-ray Powder Diffraction Patterns of Minerals in Clays and Associated Rocks*. Indiana: Authority of the state of indiana.
- Chitranigum, N. (2008). *Sifat Mekanik dan Termal Pada Bahan Nanokomposit Epoxy - Clay Tapanuli*.
- Cocin, E. V. (2016). Pozzolan Characterization of Cuban Bamboo Leaf Ash : Calcining Temperature and Kinetic Parameters.
- Company, A. P. (2014). Non Newtonian Fluid. In *Drilling Fluids Manual* (pp. 6–11, 6–9).
- Desianti, I., Rahmaniah, & Zelviani, S. (2018). Karakterisasi Nanosilika Dari Abu

Terbang (*Fly ash*) PT.Bosowa Energi Jeneponto Dengan Menggunakan Metode Ultrasonic, 5(2), 101–108.

Egloffstein, T. A. (2001). Natural *Bentonites*-Influence of the Ion Exchange and Partial Desiccation on Permeability and Self-Healing Capacity of Bentonites Used in GCL, 19(December 2000), 427–444.

Farikhin, F. (2016). *Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester dengan Filler Karbon Aktif dan Karbon Non Aktif*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Fink, J. (2015). *Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids Second Edition*.

Gautam, S., Guria, C., Rajak, D. K., & Pathak, A. K. (2018). Functionalization of *fly ash* for the substitution of bentonite in drilling fluid. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.02.065>

Ibrahim, A. S. (2020). Study the Effect of Particle Sizes and Concentration on the Rheological Properties of Iraqi Bentonite for Using as Drilling Fluids, 26(3), 65–76.

ISO. (2006). ISO 13500:2006 (E) - Petroleum and Natural Gas Industries — Drilling Fluid Materials — Specifications and Tests.

Jamaludin, A., & Adiantoro, D. (2012). Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF), 19–28.

Katzbauer, B. (1998). Properties and Applications of Xanthan gum, 3910(97), 81–84.

Keith, M. E., Andrea, B., Ton, M., Mac, S., & Ofg, K. (2009). Advances in API / ISO Standard Grade Purified Poly-Anionic Cellulose (PAC) and Drilling Grade Xanthan gum (XG) Test Procedure and Specifications Definition.

Li, M., Wu, Q., Song, K., Hoop, C. F. De, Lee, S., Qing, Y., & Wu, Y. (2015). Cellulose Nanocrystals and Polyanionic Cellulose as Additives in Bentonite

Water-Based Drilling Fluids: Rheological Modelling and Filtration Mechanisms. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b03510>

Liu, A. Y., Chen, J., Luo, S., & Li, C. (2017). Physicochemical and Structural Properties of Pregelatinized Starch Prepared By Improved Extrusion Cooking Technology. *Carbohydrate Polymers*.

Loring, J. S., Miller, Q. R. S., Thompson, C. J., & Schaefer, H. T. (2019). *Experimental Studies of Reactivity and Transformations of Rocks and Minerals. Science of Carbon Storage in Deep Saline Formations*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812752-0.00004-6>

Mahto, V., Srikanth, P., & Krishna, B. V. (2013). Development of Non-damaging and Inhibitive Water Based Oil Well Drilling Fluids. *Petroleum Science and Technology*, 31(7), 721–726. <https://doi.org/10.1080/10916466.2010.531353>

Mahto, Vikas, & Jain, R. (2013). Effect of *Fly ash* on the Rheological and Filtration Properties of Water Based Drilling Fluids, 150–156.

Meiselman, H. L. (2020). *Handbook of Eating and Drinking: Interdisciplinary Perspectives*.

Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. (2012). Uji XRD dan XRF pada Bahan Meneral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂), (February 2017). p20-29

Mursyidah, Novrianti, & Iqbal Ramadhan, M. (2015). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir, 4(2), 15–28.

Nmegbu, C. G. J. (2014). Bacteria as a Filtration Loss Reducing Agent during Drilling, 4(6), 191–194.

Ozkan, A., Turan, S. E., & Kaplan, B. M. (2018). Investigation of *Fly ash* Effect on Rheological and Filtration Properties of Drilling Muds, 27(12), 9189–9194.

- Petri, D. F. S. (2015). *Xanthan gum* : A Versatile Biopolymer for Biomedical and Technological Applications, 42035. <https://doi.org/10.1002/app.42035>
- Professors, H.-W. (2005). Drilling Fluids. In *Drilling Engineering* (p. 22). Heriot Watt University.
- Rubiandini, R. (2009). Teknik Pemboran 1. In *Teknik Pemboran 1* (pp. 201–206). Bandung: ITB.
- Sarkar, A., Rano, R., Udaybhanu, G., & Basu, A. K. (2006). A Comprehensive Characterisation of *Fly ash* From A Thermal Power Plant in Eastern India, 87, 259–277. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2005.09.005>
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kimia* (1st ed.). Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Stevens, W., Robl, T., & Mahboub, K. (2009). The Cementitious and Pozzolanic Properties of Fluidized Bed Combustion *Fly ash*, (X).
- Sujatno, A., Salam, R., & Dimiyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium, 9(November), 44–50.
- Supelco. (2021). Lembran Data Keselamatan Suprapur® : Kalium Klorida, (1907), 1–8.
- Sutherland, W. M. (2014). *Wyoming Bentonite*.
- Totten, I. P. L., King, B. L., Griffith, J. E., Company, A. H., & Okla, D. (1998). Foamable Drilling Fluid and Methods of Use in Well Drilling Operations.
- Umoh, A. ., & Odesola, I. (2015). Characteristics of Bamboo Leaf Ash Blended Cement Paste and Mortar. *Civil Engineering Dimension*, 17(1).
- Vitanesa, L., Nardo P., R., Lesbani, A., & Said, M. (2017). Bentonite Intercalated Organometallic Complex as Adsorbent of Procion Red, 2(3), 9–16.

Yang, P., Li, T., Wu, M., Zhu, X., Sun, X., Yang, P., ... Sun, X. (2016). Analysis of The Effect of Polyanionic Cellulose on *Viscosity* and *Filtrate Volume* in Drilling Fluid Analysis of The Effect of Polyanionic Cellulose on Viscosity and Filtrate Volume in Drilling Fluid, *1*(March).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau