

**ANALISIS PENGARUH *CARBOXY METHYL  
CELLULOSE* (CMC) SERBUK KAYU MERANTI  
TERHADAP SIFAT *RHEOLOGY* LUMPUR UNTUK  
MENGURANGI *LOST CIRCULATION***

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh  
**ANTONIUS W SIMANJUNTAK**  
**133210379**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2020**

## KATA PENGANTAR

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

1. Ibu Novrianti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Kepala Laboratorium, Instruktur dan Laboran Laboratorium Pemboran dan Reservoir Teknik Perminyakan yang telah membantu penelitian tugas akhir ini.
3. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral.
5. Sahabat PETRODE 13 dan angkatan 2013 yang telah memberikan segala bentuk dukungan selama masa perkuliahan.

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

Pekanbaru, 28 Agustus 2020

Antonius Wariston Simanjuntak

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
DAFTAR SIMBOL .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xi
ABSTRAK .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH .....	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN .....	2
1.3. MANFAAT PENELITIAN .....	2
1.4. BATASAN MASALAH .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU .....	4
2.2. <i>RHEOLOGY</i> LUMPUR PEMBORAN .....	5
2.3. <i>LOST CIRCULATION</i> .....	7
2.4. SERBUK KAYU MERANTI .....	9
2.5. <i>CARBOXY METHYL CELLULOSE (CMC)</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1. <i>FLOWCHART</i> PENELITIAN .....	13
3.2. GAMBAR ALAT DAN FUNGSI ALAT .....	14
3.3. PROSEDUR PEMBUATAN CMC DARI SERBUK KAYU .....	19
3.4. SEM DAN EDX .....	21
3.5. PROSEDUR PENELITIAN .....	22
3.5.1 Prosedur Pembuatan Lumpur .....	22
3.5.2 Prosedur Pengujian <i>Rheology</i> .....	22

3.5.3	Prosedur Pengujian Filtration Loss.....	24
3.5.	TEMPAT PENELITIAN.....	25
3.6.	JADWAL PENELITIAN .....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....</b>		<b>26</b>
4.1.	HASIL SEM DAN EDX .....	26
4.2.	<i>VISCOSITY TIME</i> .....	27
4.3.	<i>PLASTIC VISCOSITY</i> .....	28
4.4.	<i>YIELD POINT</i> .....	29
4.5.	<i>GEL STRENGTH</i> .....	30
4.6.	<i>MUD CAKE</i> .....	32
4.7.	<i>FILTRATION LOSS</i> .....	33
4.8.	pH .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>36</b>
5.1.	KESIMPULAN .....	36
5.2.	SARAN.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>36</b>
<b>LAMPIRAN I.....</b>		<b>39</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	LPLT ( <i>low pressure - low temperature</i> ).....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Serbuk Kayu Meranti .....	10
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	13
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Mud Mixer</i> .....	14
<b>Gambar 3.3</b>	Gelas Ukur.....	14
<b>Gambar 3.4</b>	Timbangan <i>Digital</i> .....	15
<b>Gambar 3.5</b>	Jangka Sorong .....	15
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Fann VG Meter</i> .....	16
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Marsh Funnel</i> .....	16
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Stopwatch</i> .....	17
<b>Gambar 3.9</b>	<i>Sieve</i> .....	17
<b>Gambar 3.10</b>	LPLT.....	18
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Filter Paper</i> .....	18
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Oven Furnance</i> .....	19
<b>Gambar 3.13</b>	CMC Serbuk Kayu Meranti.....	21
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik <i>viscosity</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	27
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik <i>plastic viscosity</i> CMC Serbuk Kayu Meranti.....	28
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik <i>Yiled Point</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	30
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik <i>Gel Strength</i> CMC Serbuk Kayu Meranti.....	31
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik <i>Mud Cake</i> CMC Serbuk Kayu Meranti.....	32
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik <i>Filtration Loss</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	34

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Limbah pertanian yang mengandung Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin .....	11
<b>Tabel 3.1</b>	Jadwal Penelitian Tugas Akhir .....	25
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil SEM dan EDX Serbuk Kayu Meranti .....	26
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Pengamatan <i>viscosity</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	27
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Pengamatan <i>Plastic Viscosity</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .	28
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengamatan <i>Yield Point</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	29
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Pengamatan <i>Gel Strength</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	31
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Pengamatan <i>Mud Cake</i> CMC Serbuk Kayu Meranti .....	32
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Pengamatan <i>Filtration Loss</i> CMC Serbuk Kayu Meranti....	33
<b>Tabel 4.8</b>	Hasil Pengamatan pH CMC Serbuk Kayu Meranti .....	35
<b>Tabel 4.9</b>	Komposisi CMC Serbuk Kayu Meranti Lumpur terbaik untuk kondisi <i>Lost Circulation</i> .....	35

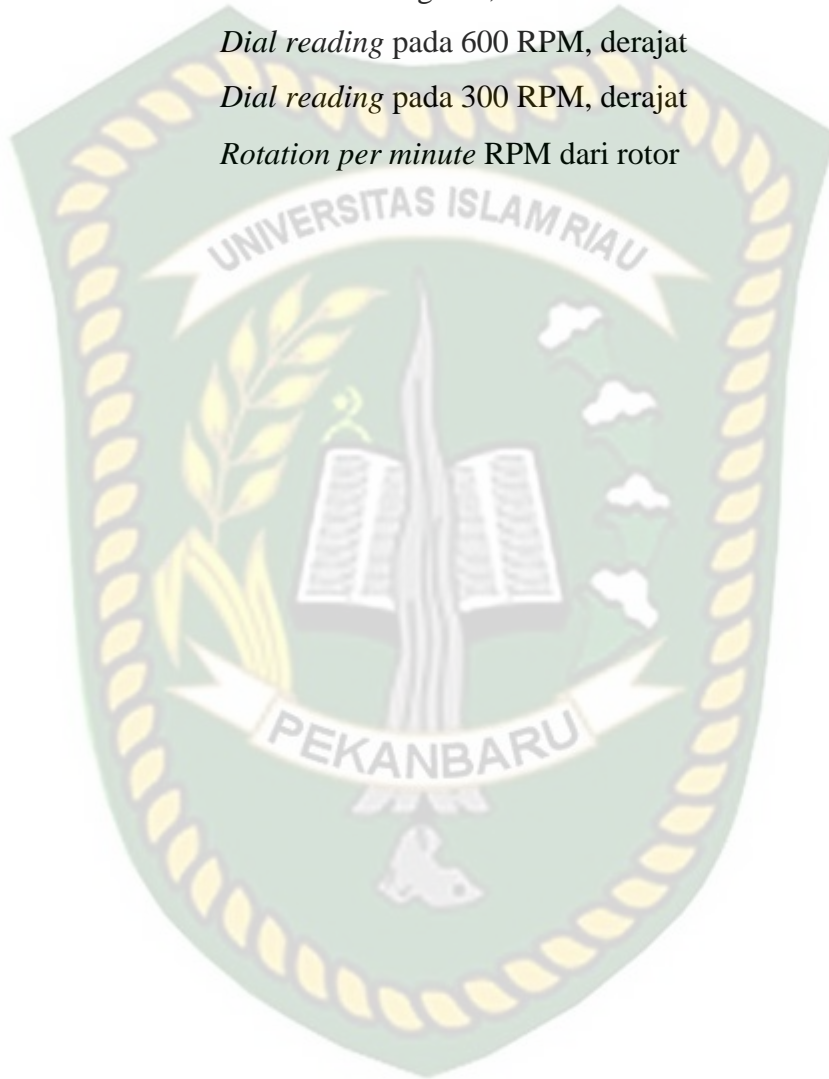
## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I**      Data Perhitungan *Plastic Viscosity*, *Yield Point*, dan *Gel Strength*
- LAMPIRAN II**     Data *Rhology* Lumpur Pada Saat *Lost Circulation*
- LAMPIRAN III**    Hasil Uji SEM dan EDX



## DAFTAR SIMBOL

$\tau$	<i>Shear Stress, dyne/cm<sup>2</sup></i>
$\gamma$	<i>Shear Rate, detik<sup>-1</sup></i>
$C$	<i>Dial reading, derajat</i>
$\mu_p$	<i>Plastic Viscosity, cp</i>
$Y_p$	<i>Yield Point Bingham, lb/100 ft<sup>2</sup></i>
$C_{600}$	<i>Dial reading pada 600 RPM, derajat</i>
$C_{300}$	<i>Dial reading pada 300 RPM, derajat</i>
$N$	<i>Rotation per minute RPM dari rotor</i>





## DAFTAR SINGKATAN

LCM	<i>Lost Circulation Materials</i>
CMC	<i>Carboxy Menthyl Cellulose</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-ray</i>
PV	<i>Plasic Viscosity</i>
YP	<i>Yield Point</i>
GS	<i>Gel Strenght</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>



**ANALIS PENGARUH *CARBOXY METHYL CELLULOSE* (CMC) SERBUK KAYU MERANTI TERHADAP SIFAT *RHEOLOGY* LUMPUR UNTUK MENGURANGI *LOST CIRCULATION***

**ANTONIUS W SIMANJUNTAK**

**133210379**

**ABSTRAK**

Pembuatan lumpur pada kondisi *lost circulation* memerlukan biaya yang besar. Sehingga perlu adanya strategi yang dilakukan untuk meminimalisir besarnya biaya. Adapun strategi yang dilakukan antara lain dengan menambahkan bahan kimia yang berasal dari limbah organik sebagai aditif tambahan pada lumpur bor. Serbuk kayu meranti adalah salah satu bahan LCM yang mengandung selulosa sebesar 62.92 % sehingga serbuk kayu meranti dapat dijadikan sebagai pengganti CMC (*carboxy methyl cellulose*) pada lumpur pemboran agar dapat mengurangi biaya pemboran. Pada penelitian ini serbuk kayu meranti yang didapat dari limbah penggergajian diubah menggunakan metode pemisahan *lignin* pada selulosa hingga dapat diolah menjadi CMC. Untuk mendapatkan selulosa dari serbuk kayu dilakukan beberapa langkah yaitu, perebusan sampel dengan NaOH 20%, pemutihan dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *selulose puring* dengan NaOH 9%, *monochloride acetic acid* dengan HCl + *acetic acid, neutralizer*, dan *sieving*. Setelah CMC serbuk kayu didapatkan maka dilakukan penelitian nilai *rheology* lumpur pemboran. Dari data *rheology* tersebut diketahui bahwa CMC serbuk kayu meranti sangat mempengaruhi nilai *rheology lumpur*. Dimana dalam setiap penambahan sampel 2-10 gram menghasilkan nilai *viscosity* 34,8-93 *second*, *plastic viscoosity* 8-14 cp, *yield point* 15-27 lb/100 ft<sup>2</sup>, *gel strength* 1,5-5,33 lb/100 ft<sup>2</sup>, *mud cake* 0,27-0,58 mm, dan *filtrate loss* 8-5,3 ml/30 menit. Karakteristik CMC serbuk kayu meranti yang memiliki kadar paling baik untuk digunakan pada kondisi *lost circulation* adalah lumpur standar ditambah 6 gram CMC serbuk kayu meranti dengan perolehan nilai *viscosity* 51 *second*, *plastic viscosity* 10 cp, *yield point* 19 lb/100 ft<sup>2</sup>, *gel strength* 3 lb/100 ft<sup>2</sup>, *mud cake* 0,42 mm, dan *filtrate loss* 6,4 ml/30 menit.

Kata kunci : *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), Serbuk Kayu Meranti, *Lost Circulation Materials* (LCM), *Rheology*.

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF CARBOXY METHYL CELLULOSE  
(CMC) POWDER MERANTI WOOD ON THE RHEOLOGY  
PROPERTIES OF MUD TO REDUCE LOST CIRCULATION**

**ANTONIUS W SIMANJUNTAK**

**133210379**

**ABSTRACT**

*Making sludge in lost circulation conditions requires a large cost. So that there is a need for a strategy to minimize costs. The strategies that are carried out include adding chemicals derived from organic waste as additional additives to drilling mud. Meranti wood powder is one of the LCM materials containing 62.92% cellulose so that meranti wood powder can be used as a substitute for CMC (carboxy methyl cellulose) in drilling mud in order to reduce drilling costs. In this research, meranti wood powder obtained from sawing waste is converted using the lignin separation method in cellulose so that it can be processed into CMC. To get cellulose from sawdust, several steps were taken, namely, boiling the sample with 20% NaOH, bleaching with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, croton cellulose with 9% NaOH, monochloride acetic acid with HCl + acetic acid, neutralizer, and sieving. After the CMC of the sawdust was obtained, a research on the rheological value of the drilling mud was conducted. From the rheological data, it is known that the CMC of wood sawdust greatly affects the rheological value of the sludge. Where in each additional sample of 2-10 grams yields a viscosity value of 34.8-93 second, plastic viscosity 8-14 cp, yield point 15-27 lb / 100 ft<sup>2</sup>, gel strength 1.5-5.33 lb / 100 ft<sup>2</sup>, mud cake 0.27-0.58 mm, and filtrate loss 8-5.3 ml / 30 minutes. The characteristics of CMC meranti wood powder that have the best levels for use in lost circulation conditions are standard mud plus 6 grams of CMC meranti wood powder with a viscosity value of 51 seconds, plastic viscosity 10 cp, yield point 19 lb/100 ft<sup>2</sup>, gel strength 3 lb/100 ft<sup>2</sup>, mud cake 0.42 mm, and filtrate loss 6.4 ml / 30 minutes.*

*Keywords: Carboxy Methyl Cellulose (CMC), Meranti Wood Powder, Lost Circulation Materials (LCM), Rheology.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Dalam dunia perminyakan, lumpur merupakan hal yang sangat fatal dalam mempengaruhi proses pemboran minyak bumi, lumpur umumnya campuran dari tanah liat (*clay*), bentonite, air, dan beberapa jenis zat kimia tergantung kondisi formasi yang nantinya digunakan untuk membawa *cutting* ke atas permukaan. Lumpur berfungsi sebagai pelumasan dan media pendingin untuk pipa pemboran dan mata bor. Lumpur merupakan komponen penting dalam pengendalian sumur (*well-control*), karena tekanan hidrostatiknya dipakai untuk mencegah fluida formasi masuk ke dalam sumur. Lumpur juga digunakan untuk membentuk lapisan solid sepanjang dinding sumur (*mud cake*) yang berguna untuk mengontrol fluida yang hilang ke dalam formasi (*fluid-loss*) (Rubiandini, 2010).

Lumpur juga dapat menggunakan bahan dasar campuran aditif berupa CMC (*Carboxy Menthyl Cellulose*) yang berguna untuk mengikat air dan meningkatkan kekentalan. Aditif ini merupakan jenis kimia yang sering digunakan dalam operasi pemboran. CMC merupakan bahan kimia yang cukup mahal, oleh karena itu saat ini beberapa penelitian inovasi dilakukan untuk memanfaatkan bahan alami yang murah dan mudah didapat. Salah satu bahan tersebut adalah kayu meranti. Kayu meranti masuk dalam kategori kayu keras, dimana kayu keras adalah salah satu biomassa yang memiliki selulosa besar setelah sekam padi. Kandungan selulosa kayu keras sebanyak (40-45)% (Jalaluddin, 2005).

Serbuk gergaji adalah butiran kayu yang dihasilkan dari proses menggergaji, serbuk-serbuk gergaji ini dapat diperoleh dari beragam sumber, seperti limbah pertanian dan perkayuan (Ningsih, 2017). Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup> pertahun. Dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk adalah 54,24% dari produksi total maka limbah penggergajian kayu yang dihasilkan sebanyak 1,4 juta m<sup>3</sup> pertahun. Angka tersebut relatif besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian (Pari, 2002). Kayu meranti merupakan kayu yang populer di kawasan Indonesia. Umumnya, kayu ini

digunakan sebagai bahan baku pembuatan konstruksi bangunan maupun bahan furnitur.

Banyaknya penggunaan kayu meranti sebagai bahan bangunan mengakibatkan banyak juga didapatkan limbah penggergajian dari kayu meranti. Pada tahun 2007, Irwanto menyatakan kayu meranti memiliki kandungan selulosa 49,6-56,1%, maka limbah kayu tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan CMC. Karbon yang tinggi juga mengindikasikan banyaknya kandungan polisakarida (selulosa) serbuk kayu meranti (Wijaya, 2008). Untuk mengetahui kemampuan serbuk kayu meranti sebagai media alternatif dan aditif tambahan dalam mengurangi *lost circulation* perlu dilakukan penelitian dan pengujian laboratorium. Penelitian tersebut meliputi sifat *rheology* lumpur *Viscosity*, *Yield Point*, *Gel Strength*, *Plastic Viscosity*, pH, *Mud Cake* dan *Filtration Lost*.

## 1.2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh CMC serbuk kayu meranti terhadap *rheology* lumpur pemboran untuk mengurangi *lost circulation*.
2. Menentukan kadar CMC untuk meningkatkan *rheology* lumpur pada kondisi *lost circulation* di lapangan Ramba.

## 1.3. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan bahan alternative sebagai bahan pengganti CMC yang digunakan untuk mengurangi *lost circulation* pada pemboran.
2. Dapat dijadikan rujukan bagi upaya pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dunia perminyakan.

## 1.4. BATASAN MASALAH

Agar penelitian Tugas Akhir ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka tulisan ini hanya membahas *rheology* lumpur pemboran menggunakan CMC serbuk kayu meranti yang didapat dari limbah penggergajian kayu di Pekanbaru untuk mengurangi *lost circulation*. *Rheology* lumpur tersebut adalah *Viscositas*, *Yield Point*, *Gel Strength*, *Plastic Viscosity*, pH, *Mud Cake* dan *Volume Filtration*

*Loss.* Pada percobaan ini untuk mendapatkan komposisi optimal serbuk kayu meranti akan dilakukan pengujian dengan komposisi 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram. Penelitian ini dilakukan di laboratorium pemboran teknik perminyakan Universitas Islam Riau.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. PENELITIAN TERDAHULU

Pada penelitian yang lain telah dilakukan analisis *rheology* lumpur dengan penambahan LCM berbahan serbuk gergaji, batok kelapa, dan sekam padi pada berbagai temperatur (Ryan Rharja, 2018). Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat bahwa setiap penambahan berat LCM serbuk gergaji ke dalam lumpur yang dibuat nyatanya mempengaruhi nilai *rheology* lumpur. Nilai PV (*Plastic Viscosity*) mengalami perubahan dari 11 cps menjadi 13 cps pada penambahan serbuk gergaji 10 gram, dan YP (*Yield Point*) dari 10 lbs/100sqft menjadi 17 lbs/100sqft. Penambahan batok kelapa sebagai LCM kedalam lumpur dapat menaikkan densitas dari lumpur yang lain. Penambahan batok kelapa sebesar 2 gram menaikkan densitas lumpur menjadi 8,63 ppg, penambahan sebesar 5 gram menaikkan densitas menjadi sebesar 8,65 ppg, dan penambahan batok kelapa sebanyak 10 gram menaikkan densitas menjadi 8,68 ppg pada temperatur 80 °F. Pada lumpur LCM sekam padi didapatkan nilai kehilangan sirkulasi terkecil yaitu pada penambahan sekam padi 10 gram dan temperatur 80 °F didapat 15% lumpur saja yang hilang, nilai ini masih sangat baik jika dibandingkan dengan nilai standar yang digunakan untuk pengukuran LCM temperatur rendah yaitu dengan mengharuskan nilai di bawah 30% dari kehilangan lumpur.

Penelitian lain memanfaatkan ampas tebu sebagai *lost circulation material* (LCM) dan pengaruhnya terhadap sifat *rheology* lumpur (Hamid, 2017). Penambahan ampas tebu pada lumpur *water base mud* dapat menaikkan densitas lumpur karena densitas ampas tebu besar dari pada berat lumpur tersebut. Sifat *viscosity* lumpur akan bertambah dengan adanya penambahan ampas tebu untuk temperatur ruangan tetapi pada temperatur tinggi semakin banyak penambahan ampas tebu akan semakin menurun harga *viscosity*. Pada sifat YP (*Yield Point*) penambahan ampas tebu akan menaikkan harga YP hanya pada penambahan 2 gram. Untuk sifat GS (*Gel Strenght*) hanya pada penambahan 2 gram ampas tebu yang masih mempunyai nilai yang layak digunakan.

Penelitian lain memanfaatkan pati jagung sebagai bahan pengganti CMC pada lumpur pemboran untuk mengendalikan *filtration loss* pada *rheology* lumpur. Novrianti (2019) dari hasil penelitian yang dilakukannya diperoleh suatu kesimpulan dimana peningkatan massa pati jagung akan mempengaruhi nilai *filtration loss* dan *mud cake*. Semakin banyak pati jagung akan menyebabkan nilai *filtration loss* dan *mud cake* akan menjadi lebih kecil. Dengan penambahan 2-10 gram pati jagung diperoleh *filtration loss* sebesar 14,6-12,7 ml sedangkan *mud cake* berukuran 1,5-1,1 mm. Selanjutnya penambahan aditif pati jagung berpengaruh pada *rheology* lumpur pemboran dimana semakin banyak penambahan pati jagung tersebut semakin besar nilai *rheology* dari lumpur pemboran. Dengan penambahan 2-10 gram pati jagung maka didapat nilai *viscosity* adalah 42,38-60,02cp, *plastic viscosity* 4-11 cp, dan kekuatan *gel strength* 0,2-0,54 (lb/100 ft<sup>2</sup>).

## 2.2. RHEOLOGY LUMPUR PEMBORAN

*Rheology* fluida pemboran adalah suatu kondisi yang dialami oleh fluida pemboran selama proses aliran fluida berlangsung. *Rheology* lumpur pemboran meliputi sifat aliran dan jenis fluida pemboran (Novrianti M. M., 2017). Berikut ini adalah beberapa istilah yang selalu diperhatikan dalam penentuan *rheology* suatu lumpur pemboran :

### 1. *Viscosity*

Pada lumpur pemboran *viscosity* merupakan tahanan fluida terhadap aliran atau gerakan yang disebabkan oleh adanya gesekan antara partikel pada fluida yang mengalir. *Viscosity* menyatakan kekentalan dari lumpur bor, dimana *viscosity* lumpur memegang peranan dam pengangkatan serbuk bor atau *cutting*. Bila lumpur tidak cukup kental maka pengangkatan serbuk bor kurang sempurna dan akan mengakibatkan serbuk bor tertinggal di dalam lubang bor sehingga menyebabkan rangkaian pipa bor akan terjepit (Grahadiwin, 2016).

### 2. *Yield Point*

*Yield point* merupakan ukuran daya tarik menarik antara partikel padatan lumpur. *Yield point* yang terlalu rendah dapat mengakibatkan pengendapan barite dan pembersihan lobang tidak optimal. Sedangkan *yield point* yang tinggi dapat mengakibatkan naiknya tekanan sirkulasi, sulit diaduk dalam tank dan cenderung



menahan gas dalam lumpur. Untuk menaikkan *yiled poin* dibutuhkan bentonite dan bahan lainnya (Ginting, 2018).

### 3. *Gel Strength*

*Gel strength* menunjukkan ukuran dari ketahanan lumpur untuk mengalir dari kondisi diam. *Gel strength* harus cukup tinggi untuk menahan *cutting* agar tidak bergerak turun ketika lumpur dalam keadaan diam atau tidak disirkulasikan. Untuk standarisasi pengukuran pada *gel strength* biasanya dilakukan dengan dua kali, yaitu pada *initial time* yaitu 10 detik atau tepat pada saat setelah sirkulasi lumpur dihentikan dan yang kedua setelah 10 menit sirkulasi dihentikan.

Untuk pada pembacaan 10 detik digunakan untuk pembacaan pada saat pemboran pada kondisi statis, sedangkan pada 10 menit digunakan untuk pada saat pemboran pada kondisi dinamis. Penentuan waktu pada *gel strength* dilakukan sesuai dengan kebutuhan secara lengkap hasil dari perhitungan *gel strength* 10 detik dan 10 menit (Ginting, 2018).

### 4. *Filtrasi dan Mud Cake*

Ketika terjadi kontak antara lumpur pemboran dengan batuan *porous*, batuan tersebut akan bertindak sebagai saringan yang memungkinkan fluida dan partikel-partikel kecil melewatinya. Fluida yang hilang ke dalam batuan tersebut disebut *filtrate*. Sedangkan lapisan partikel-partikel besar tertahan dipermukaan batuan disebut *filter cake*. Proses filtrasi diatas hanya terjadi apabila terdapat perbedaan tekanan positif ke arah batuan.

Apabila *filtration loss* dan pembentukan *mud cake* tidak dikontrol maka ia akan menimbulkan berbagai masalah, baik selama operasi pemboran maupun dalam evaluasi formasi dan tahap produksi. *Mud cake* yang tipis akan 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 (Grahadiwin, 2016). 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.



**Gambar 2.1** LPLT (*low pressure - low temperature*)

Pembentukan *mud cake* dan *filtration loss* adalah dua kejadian dalam pemboran yang berhubungan erat, baik waktu maupun kejadiannya maupun sebab dan akibatnya, oleh sebab itu maka pengukurannya dilakukan secara bersamaan.

*Rheology* lumpur yang baik memiliki karakteristik nilai dari *Yield Point* harus lebih tinggi dibandingkan dengan *Plastic Viscosity* agar dapat menjaga *cutting* agar tidak turun kembali ke dasar sumur yang mengakibatkan *pipe stack*., lumpur pemboran yang akan disirkulasikan untuk kondisi lost circulation PT Pertamina EP Asset 1 Ramba Field memiliki *Set as Baseline* atau kondisi dasar dengan kategori sebagai berikut (Novrianti I. K., 2019):

1. *Viscosity* : 40-55 SMF (*Second Marsh Funnel*)
2. *Plastic Visc* : 6-15 cp
3. *Yield Point* : 14-22 lb/100 ft<sup>2</sup>
4. *Gel Strength* : 2-5 lb/100 ft<sup>2</sup>
5. *Mud Cake* : < 1 cm
6. *Filtrat Lost* : 5-7 (cc/30 mins)

### 2.3. LOST CIRCULATION

*Lost circulation* atau hilang sirkulasi adalah hilangnya semua atau sebagian lumpur dalam sirkulasinya dan masuk ke formasi. Masuknya lumpur pemboran ke dalam formasi bisa diakibatkan secara ilmiah, karena jenis dan tekanan formasi yang ditembus mata bor maupun diakibatkan secara mekanis yang disebabkan karena kesalahan operasi pemboran (Grahadiwin, 2016). Berdasarkan keadaan ini *lost circulation* dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. *Partial Lost*, yaitu bila lumpur yang hilang hanya sebagian saja, dan masih ada lumpur yang mengalir ke permukaan.
- b. *Total Lost*, yaitu hilangnya seluruh lumpur dan masuk ke dalam formasi, sehingga tidak ada aliran lumpur yang mengalir.

Penyebab *lost circulation* adalah adanya celah terbuka yang cukup besar di dalam lubang bor, yang memungkinkan lumpur untuk mengalir ke dalam formasi, dan tekanan di dalam lubang lebih besar dari tekanan formasi. *Lost circulation* membutuhkan penambahan khusus yaitu LCM (*Lost Circulation Material*) ke dalam lumpur yang akan disirkulasikan. Berbagai macam variasi bahkan telah digunakan untuk beberapa kali sebagai LCM. Mereka umumnya dibagi menjadi 4 kategori menurut Abdul Hamid, (2017) :

- a. Bahan *fibrous* (berserat)

Bahan *Fibrous* mencakup hal-hal seperti serat kapas, sekam biji kapas, sekam padi, ban mobil bekas, serat kayu, serbuk gergaji, dan bubur kertas. Bahan-bahan ini memiliki sedikit kekakuan dan menghambat sirkulasi yang hilang dengan dipaksa masuk bukaan-bukaan dan menjembatannya yang memungkinkan filtrasi fluida pengeboran mengontrol *agent* untuk menjadi lebih efektif.

- b. Bahan *flaky* (bersepih)

Bahan *flaky* mencakup hal-hal seperti mika, serpihan kaca, serpihan kayu, dan laminasi plastik. Bahan-bahan ini menghambat kehilangan sirkulasi dengan terbaring datar di seluruh muka formasi yang bocor, sehingga dapat menyegelnya.

- c. Bahan *granular* (berbutir)

Bahan *granular* termasuk barang-barang seperti sabut kacang tanah, perlit, karbonat tanah, pasir dan batu kerikil. Karena kekuatan dan kekakuannya, bahan-bahan ini menyegel dengan mengganjal diri di dalam bukaan formasi yang bocor, mengurangi ukuran bukaan dan memungkinkan filtrasi fluida pengeboran mengontrol *agent* untuk menjadi lebih efektif.

- d. *Slurries* (bubur)

*Slurries* adalah campuran yang kekuatannya umumnya meningkat setelah ditempatkan.

#### 2.4. SERBUK KAYU MERANTI

Kayu meranti (*Shorea spp*) merupakan salah satu jenis pohon yang paling banyak tumbuh di hutan alam Kalimantan dan Sumatra. Tinggi pohon meranti dapat mencapai 50 dengan diameter bisa mencapai 100cm (Praptoyo, 2010). Meranti adalah komoditas penting yang merupakan salah satu jenis tanaman komersil penghasil kayu utama di Indonesia.

Serbuk gergaji adalah butiran kayu yang dihasilkan dari proses menggergaji, serbuk-serbuk gergaji ini dapat diperoleh dari beragam sumber, seperti limbah pertanian dan perkayuan (Ningsih, 2017). Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup> pertahun. Dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk adalah 54,24% dari produksi total maka limbah penggergajian kayu yang dihasilkan sebanyak 1,4 juta m<sup>3</sup> pertahun. Angka tersebut relatif besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian (Pari, 2002). Limbah kayu pada industri penggergajian terdiri dari serbuk gergaji, sebetan dan potongan ujung. Saat ini limbah serbuk kayu penggergajian menjadi suatu permasalahan dan suatu beban di industri perkayuan karena selain memakan tempat juga kurang sedap dipandang. Masyarakatpun cenderung untuk membakar limbah serbuk gergaji daripada mengolahnya kembali sehingga menimbulkan polusi udara dan pencemaran lingkungan (Putra Gusrianto, 2011).

Limbah pabrik kayu tersebut yang berupa serbuk kayu diketahui mengandung selulosa yang berpotensi untuk menyerap logam. Selulosa merupakan bahan organik yang melimpah, penggunaan polimer ini sebagai bahan dasar kimia dimulai sejak 150 tahun yang lalu, dengan penemuan turunan selulosa yang pertama. Selulosa dihasilkan dari alam yang bergabung dengan *lignin* dan hemiselulosa, sehingga perlu dihilangkan dengan menggabungkan transformasi dan pemecahan secara kimia, dan meninggalkan komponen selulosa dalam bentuk padatan (Klemm, 1998).



**Gambar 2.2** Serbuk Kayu Meranti

Serbuk kayu meranti juga merupakan salah satu residu dari pengolahan kayu yang perlu ditangani lebih lanjut atau dilakukan pemanfaatan ulang. Kayu jenis meranti (*Shorea spp*) merupakan salah satu kayu yang mengandung selulosa dan banyak digunakan dalam industry kayu lapis di Indonesia. Kandungan kadar selulosa pada kayu meranti adalah 49,6-56,1% (Irwanto, 2007).

#### **2.5. CARBOXY METHYL CELLULOSE (CMC)**

CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) adalah turunan selulosa yang dihasilkan dari alkalisasi dan karboksimetilasi yang larut terhadap air. Ada banyak penelitian yang mempelajari produksi CMC dari limbah pertanian sebagai sumber selulosa. Fungsi CMC disini adalah sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi dan bahan pengikat (Wijaya, 2008). Karboksimetil selulosa merupakan senyawa turunan selulosa yang berupa polimer selulosa linier bersenyawa anion, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air. Karboksimetil selulosa secara luas digunakan dalam bidang pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas, tekstil, serta bangunan (Woro Hartuti, 2015).

**Tabel 2.1** Limbah pertanian yang mengandung Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin

No	Sumber	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
1	Batang kayu keras	40-55	24-40	18-25
2	Batang kayu lunak	45-50	25-35	18-25
3	Tongkol jagung	45	35	15
4	Jerami gandum	30	50	15
5	Daun-daun	15-20	80-85	0
6	Rumput	25-40	35-50	10-30
7	Kulit kacang	25-30	25-30	30-40

Sumber : Anderson (1997)

Selulosa terdapat lebih dari 50% dalam kayu, berwarna putih, mempunyai kulit tarik yang besar (Fangel D, 1995). Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan.

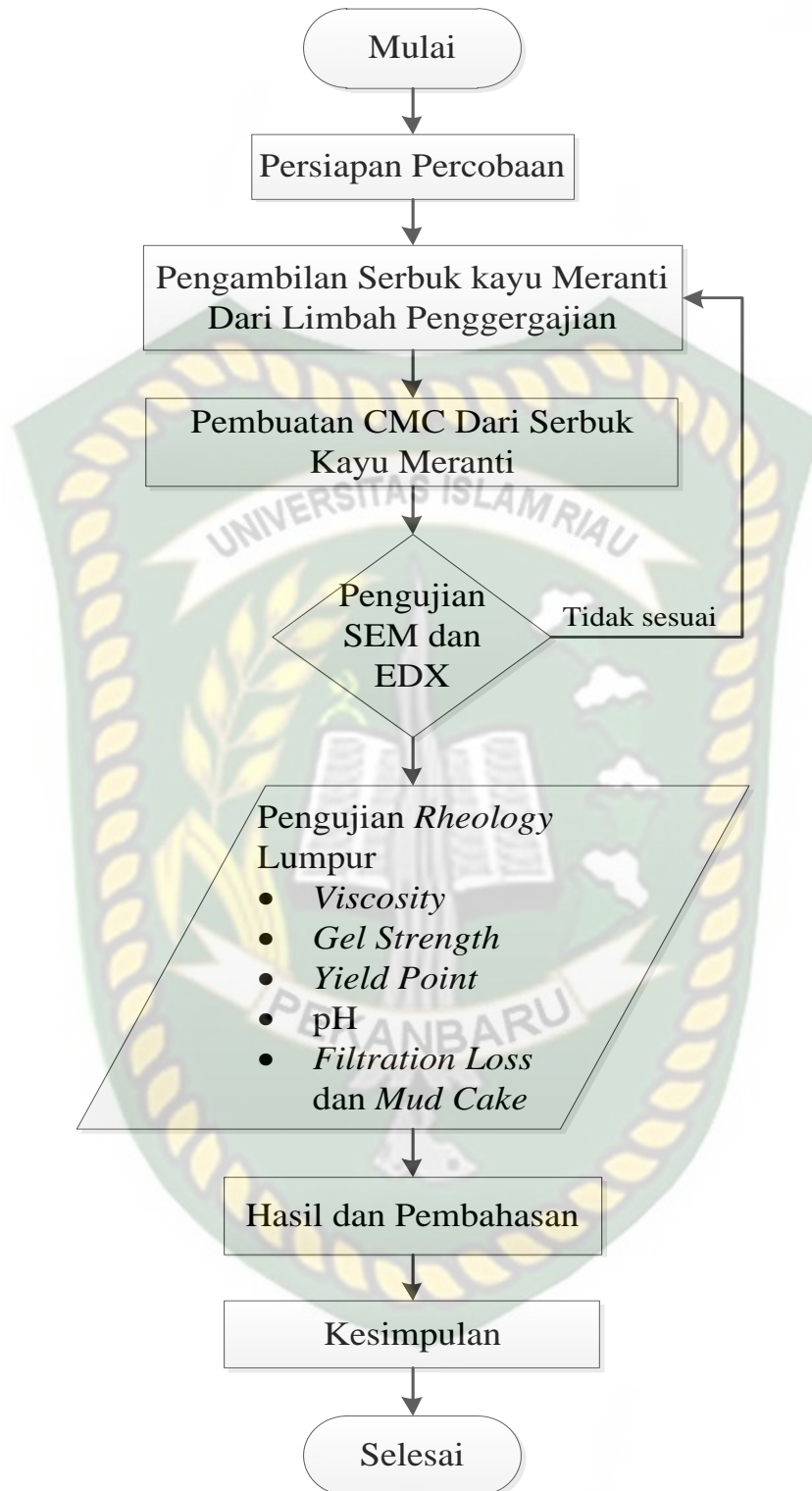
Properti yang paling utama dari CMC ( *carboxy methyl cellulose* ) adalah kemampuannya untuk meningkatkan viscositas pada fasa cair. Pada lumpur pemboran sudah pasti CMC ( *carboxy methyl cellulose* ) sangat di butuhkan sebagai bahan alternatif untuk meningkatkan viscositas pada lumpur pemboran, dan sebagai pengontrol densitas lumpur agar tidak terjadinya lost circulation, selain itu viscositas pada lumpur pemboran juga berfungsi untuk mengangkat *cutting*, dan menahan *cutting* pada saat sirkulasi lumpur di hentikan sementara.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada percobaan pengujian ini dilakukan dalam skala laboratorium di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau metode yang diambil adalah *Experiment Research*. Beberapa tahapan penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan CMC dari serbuk kayu meranti dengan metode pemisahan *lignin* dan selulosa, kemudian pembuatan lumpur standar, setelah itu lumpur dengan penambahan CMC serbuk kayu dengan konsentrasi 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram. Kemudian dilakukan pengujian *rheology* lumpur (*Viscosity, Gel Strength, Filtration Lost, PH Index, dan Mud Cake*). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengetahui *rheology* dari CMC serbuk kayu meranti pada lumpur pemboran untuk mengurangi *lost circulation*. Sedangkan data sekunder lainnya yang melengkapi penelitian bersumber dari buku, jurnal, naskah ilmiah, laporan penelitian, majalah dan prosiding yang sesuai dengan topik penelitian.

### 3.1. FLOWCHART PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



### 3.2. GAMBAR ALAT DAN FUNGSI ALAT

Berikut adalah gambar dan fungsi dari alat yang digunakan selama penelitian berlangsung.

#### 1. *Mud Mixer*

Fungsi : pencampur/pengaduk media lumpur.



**Gambar 3.2 *Mud Mixer***

#### 2. Gelas Ukur

Fungsi : Untuk mengukur kadar volume filtrat atau zat cair lainnya.



**Gambar 3.3 Gelas Ukur**

3. Timbangan *Digital*

Fungsi : Untuk melakukan penakaran/pengukuran pada zat yang akan diteliti



**Gambar 3.4** Timbangan *Digital*

4. Jangka Sorong

Fungsi : Untuk mengukur ketebalan *mud cake* yang dihasilkan.



**Gambar 3.5** Jangka Sorong

5. *Fann VG Meter*

Fungsi : Untuk mengukur *rheology* lumpur berupa *Plastic Viscosity*, *Yield Point*, dan *Gel Strength*.



**Gambar 3.6** *Fann VG Meter*

6. *Marsh Funnel*

Fungsi : Untuk mengukur laju alir lumpur



**Gambar 3.7** *Marsh Funnel*

7. *Stopwatch*

Fungsi : Untuk acuan waktu, penghitung durasi dalam detik, menit, dan jam.



**Gambar 3.8** *Stopwatch*

8. *Sieve*

Fungsi : Untuk menyaring atau memilah *sample* sehingga di dapatkan kehalusan yang di inginkan.



**Gambar 3.9** *Sieve*

9. LPLT (*Low Pressure Low Temperature*)

Fungsi : Untuk menganalisis ukuran *mudcake* dan volume filtrat pada kondisi lumpur tertentu.



**Gambar 3.10** LPLT

10. *Filter Paper*

Fungsi : Dipergunakan untuk penyaring agar filtrat lumpur tidak ikut turun bersama filtrat air pada alat LPLT.



**Gambar 3.11** *Filter Paper*

### 11. *Oven Furnance*

Fungsi : Untuk pemanasan/pengeringan *sample* yang akan diolah.



**Gambar 3.12** *Oven Furnance*

### 3.3. PROSEDUR PEMBUATAN CMC DARI SERBUK KAYU

Berikut merupakan metode pemisahan *lignin* pada selulosa hingga dapat diolah menjadi CMC menurut Koh May Hong (2013) :

#### 1. Perebusan Sampel (*Delignification*)

Merupakan tahapan pengikisan *lignin* pada *sample* memanfaatkan bantuan NaOH 20% pada air 350 ml. Pada proses ini *sample* di rendam dalam larutan NaOH selama 2 jam dengan suhu 120°C untuk 50 gr serbuk kayu. Tahapan *delignification* ini akan memecah dinding *lignin* yang didalamnya terdapat selulosa inti dari serbuk kayu tersebut. Proses ini menggunakan takaran persen dikarenakan setiap *sample* tumbuhan memiliki kadar *lignin* berbeda, pada serbuk kayu peneliti memilih menggunakan 20% dikarenakan beberapa faktor diantaranya tingkat kehalusan *sample*, jumlah *sample*, dan efisiensi bahan kimia.

#### 2. Pemutihan Sampel

Merupakan tahapan kedua yang memanfaatkan bantuan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk memutihkan *sample* yang telah berwarna gelap karena proses *delignification* sekaligus menghancurkan *lignin* yang masih berukuran besar

dengan kadar 98% pada takaran 350 ml dan lama perendaman *sample* 2 jam pada suhu ruangan.

3. *Selulose Puring*

Merupakan tahapan ketiga yang memanfaatkan NaOH 9%, yang bertujuan untuk memastikan *lignin* yang berukuran besar dan tebal masih lolos dari tahapan sebelumnya dengan takaran 350 ml pada *sample*, dan lama perendaman *sample* 2 jam pada suhu ruangan.

4. *Monochloride Acetic Acid*

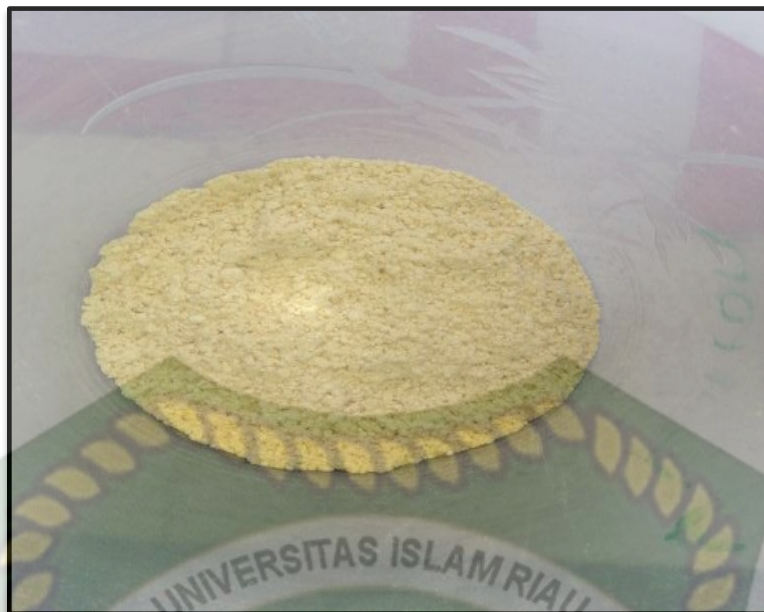
Merupakan larutan kimia yang berasal dari campuran *Acetic Acid* 100% sebanyak 100 ml dan HCL 100% sebanyak 100 ml. Kimia ini bertugas untuk merubah selulosa dari sifat padat menjadi serabut-serabut halus yang dapat diamati ketika proses ini selesai, dan lama perendaman *sample* 2 jam pada suhu ruangan.

5. *Neutralizer*

Merupakan tahapan pemurnian dari zat kimia sebelumnya, *neutralizer* ini terbagi atas campuran larutan *Ethanol* 100 ml, *Methanol* 100 ml, dan *Acetic Acid* 100 ml selama 2 jam perendaman. Fungsi utama *Neutralizer* ini ialah menetralkan sifat asam dan basa dari tahapan kimia sebelumnya dan menghilangkan aroma khas asam pada tahapan *Monochloride Acetic Acid*, pada akhir tahapan ini selulosa CMC kasar telah terbentuk namun masih memerlukan *treatment* pengeringan selama 2 jam dengan suhu 120°C.

6. *Sieving*

Merupakan tahapan pengayakan *sample* agar selulosa CMC halus dapat terpisah dari sisa-sisa *lignin* halus yang masih menempel pada selulosa. Pada percobaan ini menggunakan *sieve* pada ukuran 100 mesh agar *sample* tersebut dapat tercampur dengan lumpur dengan baik.



**Gambar 3.13** CMC Serbuk Kayu Meranti

#### **3.4. SEM DAN EDX**

*Scanning Electron Microscope* adalah salah 1 jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam *scan* pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi, dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik. *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari spesimen.

SEM dapat menghasilkan gambar resolusi sangat tinggi dari permukaan spesimen, menghasilkan ukuran yang detailnya kurang dari 1 nm. Karena berkas elektron sangat sempit, gambar SEM memiliki kedalaman yang dapat menghasilkan tampilan karakteristik tiga dimensi yang berguna untuk mengetahui struktur permukaan spesimen. SEM memungkinkan beberapa perbesaran, dari sekitar 10 kali (sekitar setara dengan lensa tangan) sampai lebih dari 500.000 kali perbesaran, atau sekitar 250 kali kemampuan perbesaran mikroskop optik (Yusuf Nugroho, 2012).

Pada sebuah mikroskop elektron (SEM) terdapat beberapa peralatan utama yaitu, pistol elektron, lensa untuk elektron, dan sistem vakum. Prinsip kerja dari



SEM adalah dengan sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor.

### 3.5. PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.5.1 Prosedur Pembuatan Lumpur

Langkah pembuatan lumpur standar di laboratorium menurut (API Specification 13A, 2015) adalah dengan mengaduk bentonite sebesar 22,5 gram dan air sebanyak 350 ml dengan menggunakan *mud mixer*. Kemudian masukan aditif CMC serbuk kayu meranti masing-masing sampel (2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, 10 gram). Aduk bentonite, air, dan aditif tersebut selama 20 menit.

#### 3.5.2 Prosedur Pengujian *Rheology*

Pengujian *rheology* setelah pembuatan sampel, kemudian sifat *rheology* dari komposisi lumpur diukur menggunakan alat *Fann VG* meter dengan cara kerja berputar dalam enam kecepatan yang berbeda (600, 300, 200, 100, 6 dan 3 rpm) sehingga parameter yang didapat yaitu *viscosity*, *plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength*. Berikut tahapan pengujian *rheology* (Yunita, 2018) :

1. Membuat Lumpur Standar

Prosedur pembuatan lumpur sama dengan prosedur pembuatan lumpur pada percobaan sebelumnya.

2. Cara Kerja Dengan *Marsh Funnel*

- a. Menutup bagian bawah *marsh funnel* dengan jari tangan, menuangkan lumpur bor melalui saringan sampai menyinggung bagian bawah saringan (1,5 liter).
- b. Setelah menyediakan bejana yang telah tertentu isinya pengukuran dimulai dengan membuka penutup sehingga lumpur mengalir dan tertampung dalam bejana tadi.
- c. Mencatat waktu yang diperlukan (detik) lumpur untuk mengisi bejana yang tertentu isinya tadi.

3. Mengukur *Shear Stress* Dengan Menggunakan *Fann VG Meter*

- a. Mengisi bejana dengan lumpur sampai batas yang ditentukan.
  - b. Meletakkan bejana pada tempatnya, mengatur kedudukan sehingga *rotor* dan *bob* tercelup didalam lumpur.
  - c. Menggerakkan *rotor* diposisi *high* dengan kecepatan putar *rotor* pada kedudukan 600 RPM. Lalu pemutaran terus dilakukan sehingga skala (*dial*) mencapai keseimbangan. Dan ulangi langkah di atas dengan *rotor* posisi *Low*. Catat nilai yang ditunjukkan oleh skala.
  - d. Lakukan kembali untuk kecepatan 300, 200, 100, 6, dan 3 RPM dengan cara yang sama seperti di atas dengan mengganti kedudukannya.
4. Mengukur *Gel Strength* Dengan Menggunakan *Fann VG Meter*
- a. Setelah selesai pengukuran *shear stress*, aduk kembali lumpur dengan *Fann VG* pada kecepatan 600 RPM selama 10 detik.
  - b. Matikan *Fann VG*, kemudian diamkan lumpur di dalam bejana selama 10 detik.
  - c. Setelah 10 detik menggerakkan *rotor* pada kecepatan 3 RPM. Dan dibaca hasil dari persimpangan maksimum pada skala.
  - d. Ulangi langkah di atas untuk mencari nilai persimpangan 10 menit langki langkah kerja di atas untuk *gel strength* 10 menit (untuk *gel strength* 10 menit, lama pendiaman lumpur 10 menit).

Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\tau = 5.077 \times C \dots\dots\dots (1)$$

$$\gamma = 1.704 \times N \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$$\tau = \text{Shear stress, dyne/cm}^2$$

$$\gamma = \text{Shear rate, detik}^{-1}$$

$$C = \text{Dial reading, derajat}$$

$$N = \text{Rotation per minute RPM dari rotor}$$

Penentuan viscositas nyata ( $\mu_a$ ) untuk setiap harga *shear rate* dihitung berdasarkan hubungan:

$$\mu_a = \frac{\tau}{\gamma} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\mu_a = \frac{(300 \times C)}{N} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk menentukan *plastic viscosity* ( $\mu_p$ ) dan *yield point* ( $Y_p$ ) dalam *field unit* digunakan persamaan Bingham Plastic berikut :

$$\mu_p = \frac{\tau_{600} - \tau_{300}}{\gamma_{600} - \gamma_{300}} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan memasukkan persaman (1) dan (2) ke dalam persamaan (5) didapat:

$$\mu_p = C_{600} - C_{300} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y_b = C_{300} - \mu_p \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

$\mu_p$  = *Plastic viscosity*, cp

$Y_b$  = *Yield point* Bingham, lb/100 ft<sup>2</sup>

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

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

Harga *gel strength* dalam lb/100 ft<sup>2</sup> diperoleh secara langsung dari pengukuran dengan alat *Fann VG*. Simpangan skala penunjuk akibat digerakkannya rotor pada kecepatan 3 RPM, langsung menunjukkan harga *gel strength* 10 detik atau 10 menit dalam 100 lb/ft<sup>2</sup>.

### 3.5.3 Prosedur Pengujian Filtration Loss

Menurut (API Specification 13A, 2015) sifat *filtration* yaitu *filtration loss* yang diukur dengan alat *API filter press LPLT (Low Pressure Low Temperature)*

Berikut tahapan pengujian *filtration loss* :

#### 1. Pembuatan lumpur :

Membuat lumpur pemboran 350 cc *aquadest* + 22,5 gr *bentonite* + *CMC* serbuk kayu ( 2, 4, 6, 8, dan 10) gram.

#### 2. Siapkan alat *filter press* dan pasang *filter paper* serapat mungkin dengan segera kemudian letakkan gelas ukur untuk menampung *fluid filtrate* di bawah silinder.

3. Tuang campuran lumpur tersebut sampai batas 1 inch ke dalam silinder hingga batas di bawah permukaan, gunakan jangka sorong untuk mengukur lalu tutuplah dengan rapat.
4. Untuk selanjutnya menggunakan tekanan 100 psi untuk mengalirkan udara.
5. Mencatat volume *filtrate* 7,30 menit pertama dan 22,30 menit kedua dengan menggunakan *stopwatch*. Dan hasil *filtration loss* yang diambil yaitu setelah 7,30 menit pertama.
6. Kemudian penekanan udara dihentikan, lalu tekanan udara tersebut dibuang melalui silinder (*bleed off*) dan sisa lumpur dituangkan kembali dalam silinder ke dalam *mixer cup*.
7. Alat jangka sorong digunakan untuk mengetahui bagaimana ketebalan terhadap *mud cake* lumpur tersebut.

### 3.5. TEMPAT PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Perminyakan Bidang Pemboran Universitas Islam Riau.

### 3.6. JADWAL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berurutan, terarah serta secara berkelanjutan berikut ini adalah jadwal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Riau sesuai dengan jadwal yang berlaku di lingkungan Laboratorium tersebut. Penelitian dimulai dari bulan juli sampai agustus 2020.

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

No	Kegiatan	Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur								
2.	Persiapan Bahan								
3.	Penelitian di Laboraturium								
4.	Analisis Hasil Perhitungan								
5.	Pembahasan dan Kesimpulan								

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pada bab ini, akan dibahas mengenai hasil percobaan yang telah dilakukan di laboratorium, dimana tujuan dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *Lost Circulation Materials* berupa CMC Serbuk Kayu Meranti dalam mengurangi *lost Circulation* serta pengaruhnya terhadap sifat *rheology* lumpur pemboran. Data-data yang diperoleh merupakan hasil dari percobaan yang dilakukan dengan menggunakan 5 sistem lumpur yang berbeda-beda komposisinya. Kelima sistem lumpur tersebut adalah lumpur dengan penambahan CMC Serbuk Kayu Meranti sebagai LCM yang berdasarkan jumlah CMC dibagi menjadi 5 sistem ( 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram). Dari kelima lumpur tersebut kita akan menentukan komposisi CMC serbuk kayu meranti yang optimal untuk mengurangi *lost circulation*.

#### 4.1. HASIL SEM DAN EDX

SEM dan EDX adalah metode yang dapat diamati struktur mikro dari penumbuhan yang terbentuk sekaligus dapat diamati hasil analisis komposisi yang terkandung secara kualitatif dan kuantitatif (Wuryanto, 1996). Pengujian analisis SEM dan EDX ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam (FMIPA) Universitas Muhammadiyah Malang.

**Tabel 4.1** Hasil SEM dan EDX Serbuk Kayu Meranti

No	Element	Persentase (%)
1	C	62,92
2	O	36,14

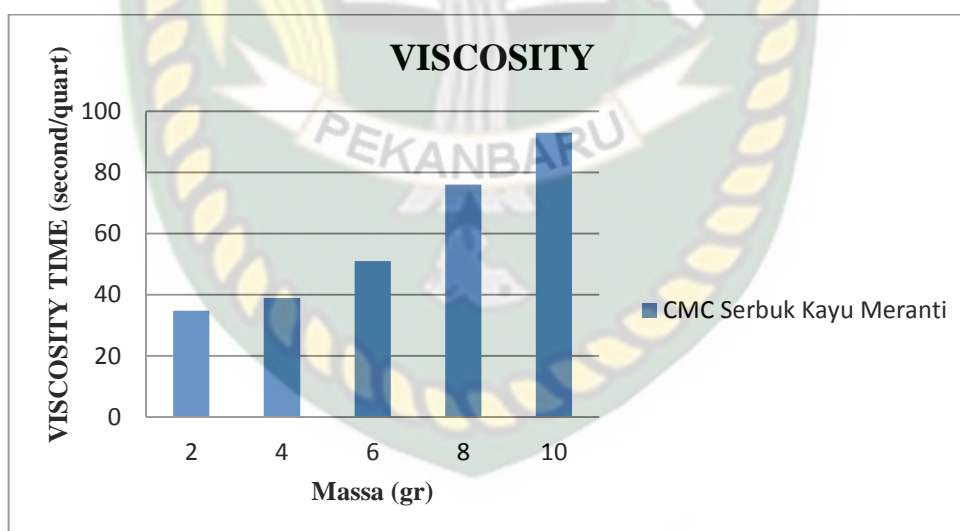
Berdasarkan hasil pengujian SEM dan EDX pada tabel 4.1 diatas, didapatkan ada 2 komposisi dari CMC serbuk kayu meranti yang diteliti yaitu unsur karbon (C) dan oksigen (O). Unsur karbon yang terkandung dalam CMC serbuk kayu meranti ini memiliki *persentase* sebanyak 62,92% dan unsur oksigen memiliki *persentase* 36,14%. Pada hasil pengujian SEM dan EDX tersebut terlihat sampel memiliki jumlah karbon yang tinggi. Karbon yang tinggi juga mengindikasikan banyaknya kandungan polisakarida (selulosa) serbuk kayu meranti (Wijaya, 2008).

#### 4.2. VISCOSITY TIME

Seperti diketahui, *viscosity* lumpur memegang peranan penting untuk mengangkat dan menahan serbuk bor di dalam suatu lumpur bor, *viscosity* lumpur pemboran tergantung pada konsentrasi, kualitas dan sifat dispersi partikel-partikel yang tersuspensi. Kemampuan membersihkan dasar lubang bor, pengangkatan serbuk bor dan laju penembusan akan meningkat jika lumpur mempunyai sifat gesekan. *Viscosity* lumpur ini diukur dengan menggunakan *Mars Funnel*. Hasil pengukuran *viscosity* lumpur dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.2** Hasil Pengamatan *viscosity* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Viscosity</i> (second)
1	2	34,8
2	4	39
3	6	51
4	8	76
5	10	93



**Gambar 4.1** Grafik *viscosity* CMC Serbuk Kayu Meranti

Berdasarkan data dari gambar 4.1 diatas, nilai *viscosity* sampel lumpur pemboran dengan CMC serbuk kayu meranti mengalami kenaikan disetiap penambahan jumlah aditif CMC yaitu 34,8 *second* untuk 2 gram, 39 *second* untuk

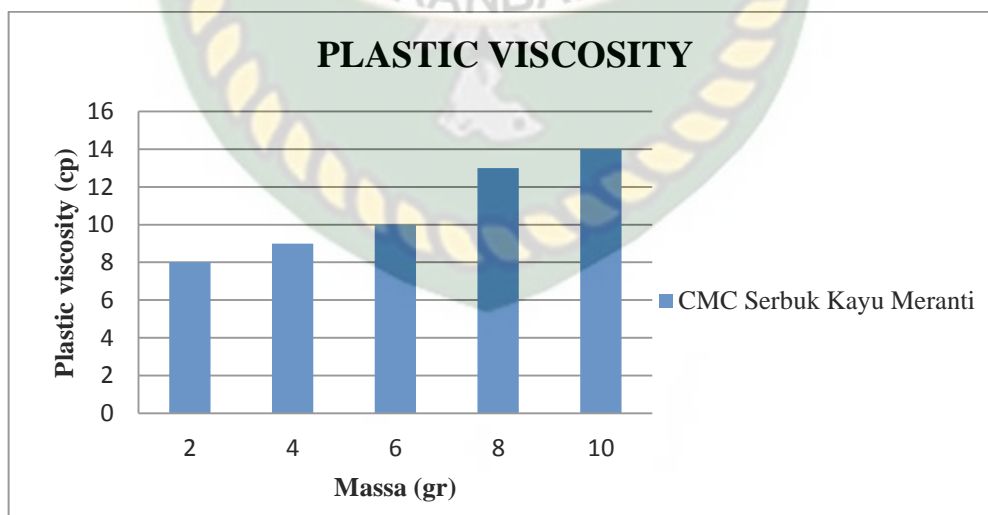
4 gram, 51 *second* untuk 6 gram, 76 *second* untuk 8 gram, dan 93 *second* untuk 10 gram. Dengan demikian berdasarkan nilai perhitungan *viscosity*, dalam setiap penambahan CMC serbuk kayu meranti akan dapat meningkatkan nilai *viscosity* atau kekentalan pada lumpur pemboran. Hal ini dikarenakan proses alkalinisasi pada serbuk kayu meranti (*cellulose*) mengalami perekahan struktur sehingga daya *adsorpsi* selulosa menjadi meningkat terlihat dari kenaikan nilai viscositas.

#### 4.3. PLASTIC VISCOSITY

Partikel padatan yang non aktif dapat juga menimbulkan kenaikan *viscosity*. Maka untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat-sifat lumpur, *plastic viscosity* perlu diukur. Jadi *plastic viscosity* ini adalah suatu tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh adanya gerakan-gerakan antara padatan-padatan di dalam lumpur. Hasil analisis dari *plastic viscosity* dilaboratorium dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.3** Hasil Pengamatan *Plastic Viscosity* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Plastic Viscosity</i> (cp)
1	2	8
2	4	9
3	6	10
4	8	13
5	10	14



**Gambar 4.2** Grafik *plastic viscosity* CMC Serbuk Kayu Meranti

Berdasarkan data dari gambar 4.2 diatas, perbandingan nilai *plastic viscosity* CMC serbuk kayu meranti mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan, pada campuran lumpur yang di tambahkan CMC serbuk kayu meranti 2 gram mendapatkan nilai *plastic viscosity* sebesar 8 cp, pada penambahan sampel 4 gram mendapatkan nilai 9 cp, pada penambahan sampel 6 gram mendapatkan nilai 10 cp, pada penambahan sampel 8 gram mendapatkan nilai 13 cp, dan pada penambahan sampel 10 gram mendapatkan nilai 14 cp. Dari data yang didapatkan setiap penambahan CMC serbuk kayu meranti nilai *plastic viscosity* tidak terlalu mendapat perubahan yang besar. Selain memiliki daya *adsorpsi* yang kuat serbuk kayu meranti juga memiliki struktur yang kompak sehingga lumpur pemboran memiliki nilai *plastic viscosity* yang baik. Pada tahun 2015, Fajri menyatakan bahwa harga *plastic viscosity* standar adalah 8-20 cp. Sehingga dapat dinyatakan pada percobaan ini untuk nilai *plastic viscosity* memenuhi nilai standar pada semua sampel yang diuji.

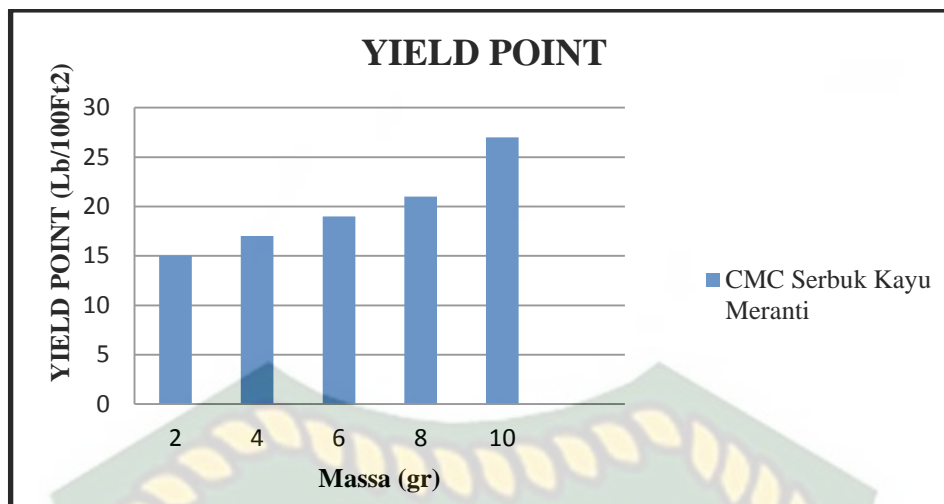
#### 4.4. YIELD POINT

*Yield point* adalah mengukur gaya elektro kimia antara padatan-padatan, cairan-cairan, cairan-padatan pada zat kimia dalam kondisi dinamis yang berhubungan dengan pola aliran (Hamid, 2017). Hasil penelitian harga *yield point* di laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.4** Hasil Pengamatan *Yield Point* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Yield Point</i> (lb/100 ft <sup>2</sup> )
1	2	15
2	4	17
3	6	19
4	8	21
5	10	27





**Gambar 4.3** Grafik *Yield Point* CMC Serbuk Kayu Meranti

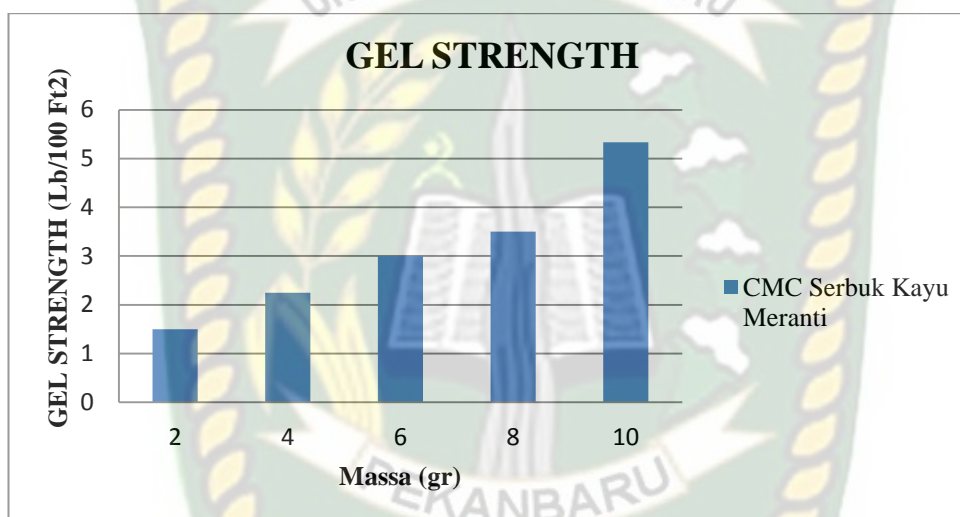
Dari hasil pengujian *yield point* di laboratorium diperlihatkan pada gambar 4.3 di atas diperoleh nilai *yield point* untuk CMC serbuk kayu meranti 2 gram sebesar 15 lb/100 ft<sup>2</sup>, untuk 4 gram sebesar 17 lb/100 ft<sup>2</sup>, untuk 6 gram sebesar 19 lb/100 ft<sup>2</sup>, untuk 8 gram sebesar 21 lb/100 ft<sup>2</sup>, dan untuk 10 gram sebesar 27 lb/100 ft<sup>2</sup>. Meningkatnya nilai *yield point* pada setiap penambahan CMC serbuk kayu meranti disebabkan oleh sifat CMC tersebut memiliki daya serap yang kuat dan struktur yang kompak, sehingga semakin banyak CMC serbuk kayu ditambahkan pada lumpur pemboran semakin banyak air yang terserap oleh CMC serbuk kayu meranti. Nilai standar untuk *yield point* adalah 15-25 lb/100 ft<sup>2</sup> (Satiyawira, 2018). Sehingga pada percobaan ini untuk CMC serbuk kayu meranti nilai *yield point* yang memenuhi standar pada massa 2 gram, 4 gram, 6 gram, dan 8 gram.

#### 4.5. GEL STRENGTH

*Gel strength* merupakan suatu harga yang menunjukkan kemampuan lumpur untuk menahan padatan-padatan. Faktor yang menyebabkan terbentuknya *gel strength* yaitu adanya gaya tarik menarik dari partikel-partikel atau plat-plat *clay* sewaktu tidak adanya sirkulasi lumpur. Fungsi *gel strength* dalam lumpur pemboran adalah menahan *cutting* dan pasir dalam suspensi sewaktu sirkulasi lumpur dihentikan.

**Tabel 4.5** Hasil Pengamatan *Gel Strength* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Gel Strength</i> (lb/100 ft <sup>2</sup> )
1	2	1,5
2	4	2,25
3	6	3
4	8	3,5
5	10	5,33

**Gambar 4.4** Grafik *Gel Strength* CMC Serbuk Kayu Meranti

Dari hasil penelitian di laboratorium didapatkan nilai *gel strength* yang dapat dilihat pada gambar 4.4 di atas. Pada percobaan ini setiap dilakukan penambahan CMC serbuk kayu meranti pada lumpur pemboran dapat meningkatkan nilai *gel strength*, dimana pada massa CMC serbuk kayu meranti 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram mendapatkan nilai *gel strength* masing-masing sebesar 1,5 lb/100 ft<sup>2</sup>, 2,25 lb/100 ft<sup>2</sup>, 3 lb/100 ft<sup>2</sup>, 3,35 lb/100 ft<sup>2</sup>, dan 5,33 lb/100 ft<sup>2</sup>. Nilai standar spesifikasi untuk *gel strength* sebesar 2-5 lb/100 ft<sup>2</sup>. Sehingga pada percobaan kali ini CMC serbuk kayu meranti yang memenuhi standar spesifikasi adalah CMC serbuk kayu meranti pada massa 4 gram, 6 gram, dan 8 gram. Pada sampel 2 gram nilai *gel strength* 1,5 lb/100 ft<sup>2</sup>, jika nilai *gel*

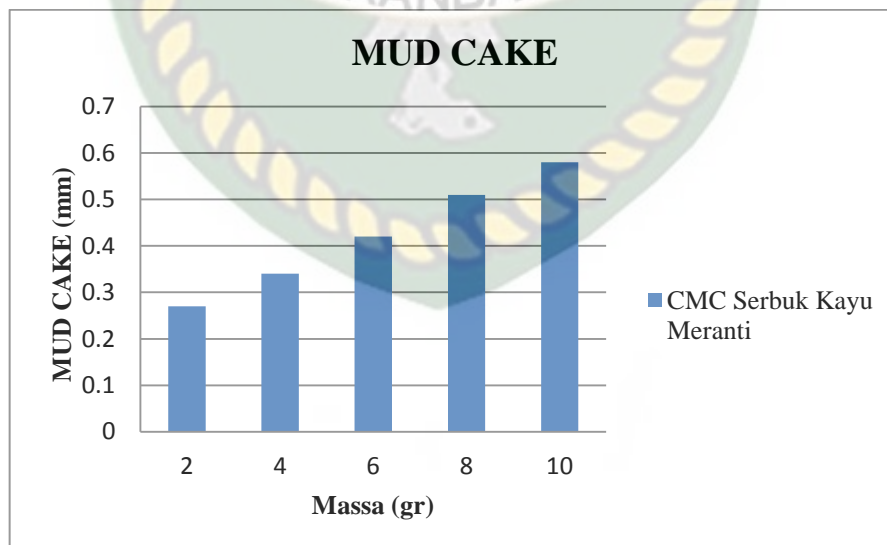
*strength* kecil maka lumpur tidak memiliki kemampuan untuk menahan serbuk lumpur bor agar tidak turun. Begitu juga sebaliknya pada sampel 10 gram nilai *gel strength* 5,33 lb/100 ft<sup>2</sup>, jika nilai *gel strength* besar akan menyebabkan kerja pompa terlalu berat untuk memulai sirkulasi kembali.

#### 4.6. MUD CAKE

*Mud cake* terbentuk oleh partikel-partikel lumpur pemboran yang menempel pada dinding lubang bor. *Mud cake* yang baik sebaiknya tipis agar tidak memperkecil lubang bor dan mengurangi kemungkinan terjepitnya pipa bor, serta pada filtrat yang masuk kedalam formasi tidak terlalu berlebihan (Ryan Rharja, 2018). Pengukuran *mud cake* menurut standar API dilakukan dengan tekanan 100 psi dan waktu selama 30 menit pada suhu ruangan. Pada tabel berikut ini adalah data dari pengamatan percobaan untuk *mud cake* yang dihitung di laboratorium.

**Tabel 4.6** Hasil Pengamatan *Mud Cake* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Mud Cake</i> (mm)
1	2	0,27
2	4	0,34
3	6	0,42
4	8	0,51
5	10	0,58



**Gambar 4.5** Grafik *Mud Cake* CMC Serbuk Kayu Meranti

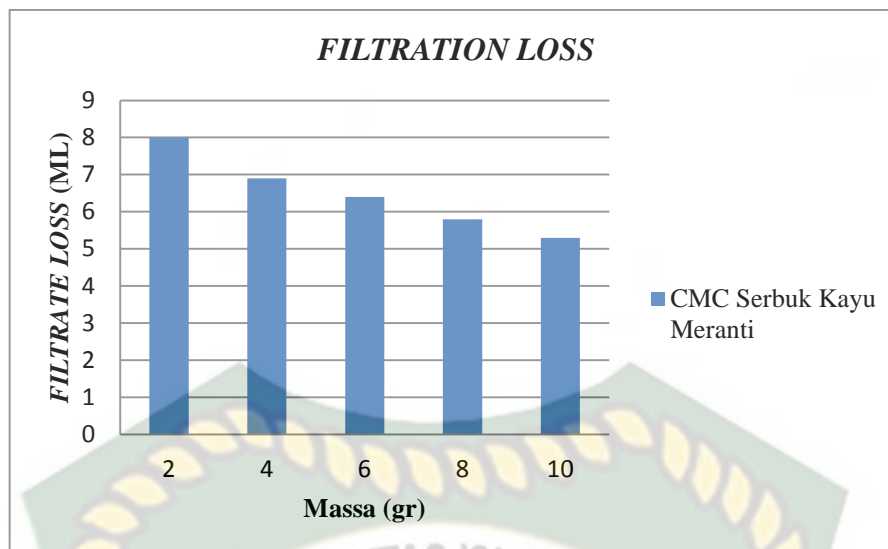
Berdasarkan data dari gambar 4.7 diatas, terlihat bahwa dalam setiap penambahan CMC serbuk kayu meranti akan mengalami kenaikan pada nilai *mud cake*. *Mud cake* yang bagus adalah setipis mungkin yaitu <1,5 mm (Grahadiwin, 2016). Dilihat dari sampel CMC serbuk kayu 2 gram, 4 gram, 6 gram, 8 gram, dan 10 gram mendapatkan nilai masih dibawah 1,5 mm sehingga dapat dikatakan dari ketebalan *mud cake* tersebut lumpur dengan CMC serbuk kayu meranti masih memenuhi standar. Dalam setiap penambahan serbuk kayu meranti pada lumpur pemboran maka nilai *mud cake* mengalami kenaikan, hal tersebut diakibat serbuk kayu meranti merupakan bahan yang berbentuk serat sehingga setiap penambahan serbuk kayu meranti maka ketebalan *mud cake* yang tersaring pada *filter paper* semakin bertambah.

#### 4.7. FILTRATION LOSS

Hilangnya filtrate pada lumpur pemboran disebut dengan *filtration loss*. *Filtration loss* sangat mempengaruhi kinerja pemboran pada sumur minyak dan gas. Beberapa pengaruh dari *filtration loss* adalah *formation damage* atau *swelling* dan pengurangan diameter lubang bor karena ketebalan *mud cake* pada formasi (Mursyidah, 2019). Pada tabel berikut ini adalah data dari pengamatan volume filtrat yang terbaca melalui penyaringan LPLT.

**Tabel 4.7** Hasil Pengamatan *Filtration Loss* CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	<i>Filtrate Loss</i> (ml)/ 30 menit
1	2	8
2	4	6,9
3	6	6,4
4	8	5,8
5	10	5,3



**Gambar 4.6** Grafik *Filtration Loss* CMC Serbuk Kayu Meranti

Hasil pengujian *filtration loss* ditampilkan pada tabel 4.6 dan gambar 4.6. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai *filtration loss* pada massa CMC serbuk kayu meranti 2 gram ke 4 gram yaitu dari 8 ml menjadi 6,9 ml. Hasil ini mengindikasikan bahwa massa CMC serbuk kayu meranti berpengaruh terhadap *filtration loss*. Terjadinya penurunan terhadap nilai *filtration loss* disebabkan oleh CMC serbuk kayu meranti yang memiliki permukaan yang kasar dan memiliki porositas. Berdasarkan standar *American Petroleum Institute (API) Spec 13 A* batas maksimum nilai filtrat yang hilang ke formasi adalah 15 ml. Sehingga hasil pengujian *filtration loss* memenuhi standar untuk semua sampel CMC serbuk kayu meranti. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai filtrat yang hilang ke formasi semakin kecil seiring dengan semakin bertambahnya massa CMC serbuk kayu meranti.

#### 4.8. pH

pH adalah pengukuran nilai keasaman atau kebasaan suatu lumpur. Keasaman memiliki pH dari 1 sampai dengan 7. Sedangkan nilai pH=7 adalah netral, lumpur pemboran harus bersifat basa karena akan mudah bereaksi dibandingkan dengan bersifat asam. Apabila lumpur bersifat asam akan menimbulkan korosif pada rangkaian bor serta alat-alat pemboran lainnya, hal ini akan menyebabkan kerapuhan pada rangkaian tersebut sehingga akan mengurangi

waktu pemakaian rangkaian dari alat-alat pemboran tersebut. Berikut ini adalah hasil pengukuran harga pH di laboratorium.

**Tabel 4.8** Hasil Pengamatan pH CMC Serbuk Kayu Meranti

No	Berat CMC (gram)	pH
1	2	9
2	4	9
3	6	9
4	8	9
5	10	9

Berdasarkan data dari tabel 4.7 di atas dapat dilihat bahwa nilai pH pada lumpur dengan menggunakan CMC serbuk kayu meranti mendapatkan nilai yang sama pada semua komposisi yaitu 9. pH 9 menandakan bahwa lumpur tersebut bersifat basa, sehingga lumpur dengan penambahan CMC serbuk kayu tersebut dapat digunakan. CMC serbuk kayu meranti tidak memengaruhi nilai pH pada lumpur pemboran karena CMC serbuk kayu meranti tidak memiliki sifat keasaman dan basah.

Dari data *rheology* yang diperoleh maka dapat ditentukan karakteristik lumpur yang optimum dihasilkan dari penambahan pada lumpur yang digunakan untuk mengurangi kondisi *lost circulation* dengan data sebagai berikut:

**Tabel 4.9** Komposisi CMC Serbuk Kayu Meranti Lumpur terbaik untuk kondisi *Lost Circulation*

No.	Berat CMC	Viscosity	Plastic Viscosity	Yield Point	Gel Strength	Mud Cake	Filtrate Loss
1	6 gram	51 second	10 cp	19 lb/100 ft <sup>2</sup>	3 lb/100 ft <sup>2</sup>	0,42 mm	6,4 ml/30 menit

Nilai *rheology* yang dibutuhkan untuk mengurangi keadaan *lost circulation* telah memenuhi acuan kondisi *rheology* lumpur yang digunakan, dan telah memenuhi syarat untuk menjadi CMC alternatif yang dapat digunakan pada lumpur pemboran yang akan disirkulasikan untuk kondisi *lost circulation* pada daerah Ramba Pt. Pertamina Asset 1.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan data *rheology* yang didapatkan, diketahui bahwa penambahan sampel CMC serbuk kayu meranti ke dalam lumpur pemboran berpengaruh terhadap nilai *rheology*. Setiap penambahan sampel 2-10 gram menghasilkan nilai *viscosity* 34,8-93 *second*, *plastic viscoosity* 8-14 cp , *yield point* 15-27 lb/100 ft<sup>2</sup> , *gel strength* 1,5-5,33 lb/100 ft<sup>2</sup> , *mud cake* 0,27-0,58 mm, dan *filtrate loss* 8-5,3 ml/30 menit.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penambahan komposisi CMC serbuk kayu meranti 6 gram diperoleh nilai *viscosity* 51 *second*, *plastic viscosity* 10 cp , *yield point* 19 lb/100 ft<sup>2</sup> , *gel strength* 3 lb/100 ft<sup>2</sup> , *mud cake* 0,42 mm, dan *filtrate loss* 6,4 ml/30 menit. Nilai tersebut telah memenuhi karakteristik lumpur bor untuk mengurangi *lost circulation* pada lapangan Ramba Pt. Pertamina Asset 1 Ramba *Field* Palembang.

#### 5.2. SARAN

Diharapkan kepada peneliti selanjutnya untuk melanjutkan penelitian pengaruh terhadap sifat *rheology* dengan penambahan aditif seperti BaSO<sub>4</sub> pada kasus *lost circulation* dengan memanfaatkan CMC serbuk kayu meranti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Gani Wijaya, S. (2008). Pemanfaatan Sekam Padi dan Pelepah Pohon Pisang Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Kertas Berkualitas. *Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*.
- API, S. 1. (2010). *Specification for Drilling Fluids Materials*.
- Arum Wijayani, K. S. (2005). Karakterisasi Karbosimetil Selulosa (CMC) Dari Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart) Solms). *Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences State University of Surabaya, Surabaya*.
- Fangel D, W. (1995). KAYU : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi- Reaksi. *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Fitranti. (2017). Pengaruh Lumpur Pemboran Dengan Emulsi Minyak Terhadap Kerusakan Formasi Batu Pasir Lempungan (Analisa Uji Laboratporium). *Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru-28284*.
- Frijani Fajri AL Lail, B. S. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Konsentrasi Kcl Dan Nacl Terhadap Sifat Fisik Lumpur Polimer Paph Di Dalam Temperatur Tinggi Setelah Roller Oven. *Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti*.
- Ginting, R. M. (2018). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Polimer Sintesis Dan Tepung Sagu Terhadap Sifat Rheology Lumpur Air Asin Sistem Dispersi Pada Berbagai Temperatur. *Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1 Jakarta Barat*.
- Grahadiwin, P. (2016). Studi Laboratorium Pengujian Fiber Mat Sebagai Loss Circulation Materials dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur Berbahan Dasar Minyak. *Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti*.
- Hamid, A. (2017). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Lost Circulation Material (LCM) dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur. *Prodi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumian & Energi, Universitas Trisakti, Jakarta 11440*.
- Hong, K. M. (2013). Preparation And Characterization Of Carvoxymethyl Cellulose From Sugarcane Bagasse. *Project Of Dapertment Of Chemical Science Faculty Of Science University Tunku Abdul Rahman (Mei)*.
- Irwanto. (2007). *Budidaya Tanaman Kehutanan. Yogyakarta*.
- Jalaluddin, S. R. (2005). Pembuatan PULP Dari Jerami Padi Dengan Menggunakan Natruim Hidroksida. *Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh Lhokseumawe*.



- Klemm, D. (1998). *Fundamentals and Analytical Methods, Volume 1. New York : Wiley-VCH.*
- Mursyidah, N. H. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel Aditif Biomass Activated Carbon Terhadap Filtration Loss Lumpur Pemboran. *Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Teknologi Rekayasa Elektro-medis, STIKes Al Insyirah Pekanbaru.*
- Ningsih, I. W. (2017). Pertumbuhan Phanerochaete Chrysosporium dan Trametes Versicolor Pada Proses Bidelignifikasi Serbuk Gergaji Kayu Sengon Dengan Lama Inkubasi Yang Berbeda. *Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- Novrianti, I. K. (2019). Analysis of Corn Starch Additives against Filtration. *International Conference of CELSciTech 2019 - Science and Technology track (ICCELST-ST 2019).*
- Novrianti, I. K. (2019). Carboxy Methyl Cellulose (CMC) Analysis Based on Baggase to Reduce Lost Circulation in Drilling Mud. *Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.*
- Novrianti, M. M. (2017). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran Menggunakan Api Modified Power Law Pada Hole 8½ Sumur X Lapangan Mir. *Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.*
- Pari. (2002). Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. *Institut Pertanian Bogor.*
- Praptoyo, H. (2010). Variasi Sifat Anatomi Kayu Meranti Merah (Shorea Leprosula) Pada 3 Klas Diameter yang Berbeda. *Bagian Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.*
- Putra Gusrianto, Z. H. (2011). Preparasi dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa Dari Limbah Serbuk Kayu Penggergajian. *Fakultas Farmasi Universitas Andalas Padang.*
- Rubiandini, R. (2010). Diktat Kuliah Teknik dan Alat Pemboran. *Bandung.*
- Ryan Rharja, S. (2018). Analisis Rheologi Lumpur Lignosulfonat Dengan Penambahan LCM Berbahan Serbuk Grgaji, Batok, dan Sekam Berbagai Tempratur. *Prodi Magister Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumian & Energi, Uiversitas Trisakti, Jakarta.*
- Samsul Rizal, J. (2005). Pembuatan PULP Dari Jerami Padi Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurusan Teknik Kimia Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.*
- Satiyawira, B. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Sistem Low Solid Mud Dengan Penambahan Aditif Biopolimer Dan Bentonite Extender. *Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi, Universitas Trisakti.*

Wijaya, S. Y. (2008). Pemanfaatan Sekam Padi Dan Pelepah Pohon Pisang Sebagai Bahan Alternatif Pembuat Kertas Berkualitas. *Jurnal Aplikasi Ilmu-Ilmu agama. Vol. 9, No. 1*, 46-47.

Woro Hartuti, F. (2015). Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (CMCM) Dari Batang Pohon Pisang (*Musa Acuminata*) Dengan Proses Alkalisasi dan Karboksimetilasi. *Universitas Sebelas Maret, Surakarta*.

Wuryanto, A. H. (1996). Aplikasi SEM-EDAX Untuk Karakteristik Bahan Super Konduktor. *PPNY-BATAN, Yogyakarta*.

Yunita, L. (2018). Studi Komparasi Penentuan Viskositas Lumpur Pemboran Menggunakan Marsh Funnel Dan Viscosimeter Berbasis Video Berbantuan Software Tracker. *Program Studi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta*.

Yusuf Nugroho, D. B. (2012). Analisis Kegagalan Las dan Rekomendasi Standard Operating Procedure (SOP) Pada Pengelasan Pipa Kondensor PT. Siemens Indonesia. *Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University*.

