

**ANALISIS *SWELLING CLAY* DI FORMASI TELISA UNTUK  
PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN SKALA  
LABORATORIUM**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh

**SUKATRIN YULIANTY NAIBAHO**

**183210994**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2022**

**ANALISIS *SWELLING CLAY* DI FORMASI TELISA UNTUK  
PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN SKALA  
LABORATORIUM**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

**Oleh**

**SUKATRIN YULIANTY NAIBAHO**

**183210994**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2022**




## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh:

Nama : Sukatrin Yulianty Naibaho  
NPM : 1832108994  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Tugas Akhir : Analisis *Swelling Clay* Di Formasi Telisa Untuk  
Perencanaan Lumpur Pemboran Skala Laboratorium.

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: Idham Khalid, S.T., M.T (.....)   
Penguji I : Neneng Purnamawati, S.T.,M.Eng (.....)   
Penguji II : Dike Fitriansyah Putra, S.T., M.Sc., MBA (.....)   
Diterapkan : Pekanbaru  
Tanggal : 25 Mei 2022

**Disahkan Oleh:**

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Pekanbaru, 25 Mei 2022



Sukatrin Yulianty Naibaho  
NPM 183210994



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Karunianya serta Taufik 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 maupun di perusahaan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- 1.Orang tua saya S. H. Naibaho dan R. Nainggolan serta adik saya Adventdi Naibaho dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan material maupun moral.
- 2.Bapak Idham Khalid., S.T., M.T selaku dosen pembimbing Seminar Proposal dan Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- 3.Bapak Agung Setiawan, S.T., dan Ibu Deanti Tamara., S.T selaku Pembimbing lapangan yang telah membimbing saya, dan masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir saya. Serta seluruh tim Laboratorium PT Sumber Data Persada yang membantu saya dalam mendapatkan data di perusahaan.
- 4.Ibu Novia Rita., ST., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, dan masukan selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
- 5.Ketua serta sekretaris Prodi Teknik Perminyakan serta dosen-dosen yang sangat membantu terkait perkuliahan, dan ilmu pengetahuan.
- 6.Teman-teman Akamigas Balongan dan Universitas Islam Riau yang sudah membantu dan mendukung saya secara moral.

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

Pekanbaru, 25 Mei 2022

Sukatrin Yulianty Naibaho

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GRAFIK.....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL .....	xii
ABSTRAK .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>State Of The Art</i> .....	3
2.2 <i>Swelling Clay</i> .....	4
2.3 <i>Mineral Clay</i> .....	5
2.4 Sifat Kimia <i>Mineral Clay</i> .....	9
2.5 Karakteristik Umum <i>Mineral Clay</i> .....	12
2.6 <i>Shale</i> .....	13
2.7 Lumpur Pemboran.....	16
2.8 MBT ( <i>Methylene Blue Test</i> ).....	18
2.9 LSM ( <i>Linear Swelling Meter</i> ).....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Metodologi Penelitian.....	21
3.2 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ).....	33
3.3 Tempat Penelitian .....	34

3.4 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Analisis Masalah.....	35
4.2 Mendesain Lumpur .....	35
4.3 Hasil Analisis Data dan Perhitungan Lumpur .....	37
4.4 Hasil Analisis Data <i>Cutting</i> .....	39
4.5 Hasil Analisis <i>Swelling Clay</i> Menggunakan <i>Linear Swell Meter</i> .....	40
4.6 Pembahasan Analisis <i>Swelling Clay</i> Di Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran.....	41
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>.....</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>.....</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pengecilan Ruang Pori-Pori Batuan Akibat <i>Swelling Clay</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b> <i>Electron Micrograph Mineral Allophone</i> .....	6
<b>Gambar 2.3</b> <i>Electron Micrograph Mineral Halloysite</i> .....	6
<b>Gambar 2.4</b> <i>Electron Micrograph Mineral Transmission Electron Microscope</i> ..	7
<b>Gambar 2.5</b> Struktur Silika <i>Tetrahedron</i> .....	7
<b>Gambar 2.6</b> Struktur Alumina <i>Octahedron</i> .....	8
<b>Gambar 2.7</b> Tarik Menarik Molekul Dipolar Pada Lapisan Ganda Terdifusi.....	11
<b>Gambar 2.8</b> <i>Shale</i> .....	13
<b>Gambar 2.9</b> <i>Spot test for end point of methylene blue titration</i> .....	19
<b>Gambar 3.1</b> <i>Aquadest</i> (Sumber Data Persada) .....	23
<b>Gambar 3.2</b> Bentonite (Sumber Data Persada).....	23
<b>Gambar 3.3</b> Soda Ash (Sumber Data Persada).....	24
<b>Gambar 3.4</b> KOH (Sumber Data Persada).....	24
<b>Gambar 3.5</b> PAC-LV (Sumber Data Persada).....	24
<b>Gambar 3.6</b> PAC-R (Sumber Data Persada) .....	24
<b>Gambar 3.7</b> KCl (Sumber Data Persada).....	25
<b>Gambar 3.8</b> XCD (Sumber Data Persada).....	25
<b>Gambar 3.9</b> PHPA (Sumber Data Persada) .....	25
<b>Gambar 3.10</b> Barite (Sumber Data Persada) .....	26
<b>Gambar 3.11</b> Polyamine (Sumber Data Persada) .....	26
<b>Gambar 3.12</b> Soltex (Sumber Data Persada) .....	26
<b>Gambar 3.13</b> Lumpur Pemboran (Sumber Data Persada) .....	26
<b>Gambar 3.14</b> <i>Hydrogen Peroxide, 3% Solution</i> (Sumber Data Persada) .....	27
<b>Gambar 3.15</b> <i>Methylene Blue Solution</i> (Sumber Data Persada) .....	27
<b>Gambar 3.16</b> <i>Sulfuric Acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 5N</i> (Sumber Data Persada) .....	27
<b>Gambar 3.17</b> <i>Calcium Chloride Brine (CaCl<sub>2</sub>)</i> (Sumber Data Persada).....	27
<b>Gambar 3.18</b> Sampel <i>Shale</i> (Sumber Data Persada) .....	28
<b>Gambar 3.19</b> Diagram Alir Penelitian.....	33



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> CEC ( <i>Cation Exchange Capacity</i> ) Mineral Clay .....	4
<b>Tabel 2.2</b> Base Exchange Capacity (BEC) Mineral Clay.....	10
<b>Tabel 2.3</b> Kapasitas Anion Exchange Mineral Clay .....	12
<b>Tabel 2.4</b> Klasifikasi <i>Shale</i> Berdasarkan Uji MBT .....	14
<b>Tabel 2.5</b> Klasifikasi <i>Shale</i> Berdasarkan Masalah Yang Terjadi .....	14
<b>Tabel 3. 1</b> <i>Mud</i> Program Lumpur <i>Water Base Mud</i> Pada Uji Laboratorium .....	22
<b>Tabel 3. 2</b> Jadwal Penelitian .....	34
<b>Tabel 4.1</b> <i>Fluid Formulation</i> 7% KCl Polymer PHPA.....	36
<b>Tabel 4.2</b> <i>Fluid Formulation</i> 7% KCl Polymer Polyamine .....	36
<b>Tabel 4.3</b> <i>Fluid Formulation</i> 7% KCl Polymer Soltex .....	37
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengukuran Lumpur .....	38
<b>Tabel 4.5</b> Hasil CEC ( <i>Cation Exchange Capacity</i> ).....	40

## DAFTAR GRAFIK

**Grafik 4.1** Hasil Pengujian Dengan Alat *Linear Swell Meter* Pada Lumpur *Water Base Mud* Dan Perbandingan *Additive* Berbeda Pada Batuan *Shale* ..... 41



## DAFTAR SINGKATAN

°API	<i>American Petroleum Institute</i>
Bbl	<i>Barrel</i>
BEC	<i>American Petroleum Institute</i>
CEC	<i>Cation Exchangeable Capacity</i>
Cm <sup>3</sup>	<i>Centimeter Cubic</i>
Cps	<i>centipoise</i>
DDR	<i>Daily Drilling Report</i>
DMR	<i>Daily Mud Report</i>
ESDM	<i>Energi dan Sumber Daya Mineral</i>
Gr	<i>Gram</i>
Kg	<i>Kilogram</i>
KCl	<i>Kalium Klorida</i>
KOH	<i>Kalium Hidroksida</i>
Lb	<i>Libra</i>
LSM	<i>Linear Swelling Meter</i>
MBT	<i>Methylene Blue Test</i>
Meq	<i>Milliequivalent</i>
ml	<i>Milliliter</i>
PHPA	<i>Partially Hydrolyzed Polyacrylamides</i>
Ppb	<i>Parts per billion</i>
Psi	<i>Pounds Square Inch</i>
PAC-LV	<i>Polyanionic Cellulose</i>
RPM	<i>Rotation Per Minutes</i>
XCD	<i>Xanthan Gum</i>



## DAFTAR SIMBOL

*ft*  
%

*feet*  
*Persentase*



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

**ANALISIS SWELLING CLAY DI FORMASI TELISA UNTUK  
PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN SKALA LABORATORIUM**

**SUKATRIN YULIANTY NAIBAHO  
183210994**

**ABSTRAK**

Dalam tahap eksplorasi terdapat proses operasi pemboran sumur bertujuan untuk membuat lubang di lokasi yang diidentifikasi terdapat minyak / gas. Pada saat pelaksanaan pemboran tidak selalu berjalan dengan baik sehingga dapat menimbulkan masalah yang mengganggu operasi pemboran seperti *swelling clay*, *sloughing shale*, *caving shale*, dan *differential pipe sticking* yang mungkin disebabkan litologi formasi menembus formasi *shale* yang tebal, sehingga masalah tersebut dapat memperlambat laju penembusan dan meningkatkan biaya operasi pemboran. Maka dilakukan analisis *swelling clay* untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kereaktifan *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* pada Formasi Telisa serta melakukan perencanaan lumpur pemboran yang akan digunakan, agar sesuai apabila menembus Formasi Telisa sehingga tidak terjadi *Swelling Clay*. Terdapat 3 jenis lumpur *water base mud* yang berbeda yaitu 7% KCL *Polymer* PHPA, 7% KCL *Polymer* Polyamine, dan 7% KCL *Polymer* Soltex. Metode ini dilakukan uji laboratorium dengan melakukan beberapa pengujian Densitas, *Yield Point*, *Plastic Viscosity*, *Gel Strength*, MBT (*Methylene Blue Test*) dan LSM (*Linear Swelling Meter*). Hasil didapat dari pengujian lumpur 7% KCl *Polymer*, PHPA yaitu Densitas 9.9 ppg, *Plastic Viscosity* 20 cp, *Yield Point* 18 lb/100 ft<sup>2</sup>, MBT 15 meq, dan LSM 29.5 meq/100 gr. Pada pengujian lumpur 7% KCl *Polymer* Polyamine yaitu Densitas 9.8 ppg, *Plastic Viscosity* 19 cp, *Yield Point* 18 lb/100 ft<sup>2</sup>, MBT 12,5 meq, dan LSM 24,375 meq/100 gr. Pada pengujian lumpur 7% KCl *Polymer* Soltex yaitu Densitas 9.7 ppg, *Plastic Viscosity* 20 cp, *Yield Point* 17 lb/100 ft<sup>2</sup>, MBT 10 meq dan LSM 19,5 meq/100 gr. Terdapat perbedaan nilai pada sifat-sifat lumpur di setiap pengujian dengan menggunakan 3 jenis *additive* berbeda.

**Kata kunci:** *Swelling Clay*, *Shale*, Lumpur Pemboran, MBT (*Methylene Blue Test*), LSM (*Linear Swelling Meter*).

# ANALYSIS SWELLING CLAY IN THE TELISA FORMATION FOR LABORATORY SCALE DRILLING MUD PLANNING

SUKATRIN YULIANTY NAIBAHO  
183210994

## ABSTRACT

*In the exploration stage there is a process of drilling well operations aimed at creating holes in the identified locations of oil / gas. At the time of drilling implementation it does not always go well so it can cause problems that interfere with drilling operations such as swelling clay, sloughing shale, caving shale, and differential pipe sticking which may be caused by the lithology of the formation penetrating thick shale formations, so the problem can slow down the rate of penetrating and increase the cost of drilling operations. So an analysis of swelling clay was carried out to solve the problem. This study aims to determine the reactivity of cutting by identifying clay levels in the Telisa Formation and planning the drilling mud to be used, to be appropriate when penetrating the Telisa Formation so that Swelling Clay does not occur. There are 3 different types of mud water base sludge, namely 7% KCL Polymer PHPA, 7% KCL Polymer Polyamine, and 7% KCL Polymer Soltex. This method is carried out laboratory tests by conducting several tests of Density, Yield Point, Plastic Viscosity, Gel Strength, MBT (Methylene Blue Test) and LSM (Linear Swelling Meter). The results were obtained from the testing of 7% KCl Polymer sludge, PHPA namely Density 9.9 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 18 lb / 100 ft<sup>2</sup>, MBT 15 meq, and LSM 29.5 meq / 100 gr. In the sludge test of 7% KCl Polymer Polyamine, namely Density 9.8 ppg, Plastic Viscosity 19 cp, Yield Point 18 lb / 100 ft<sup>2</sup>, MBT 12.5 meq, and LSM 24,375 meq / 100 gr. In the 7% KCl Polymer Soltex sludge test, namely Density 9.7 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 17 lb / 100 ft<sup>2</sup>, MBT 10 meq and LSM 19.5 meq / 100 gr. There are differences in values in the properties of sludge in each test using 3 different types of additives.*

**Keywords:** Swelling Clay, Shale, Drilling Sludge, MBT (Methylene Blue Test), LSM (Linear Swelling Meter).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam tahap eksplorasi terdapat proses operasi pemboran sumur bertujuan untuk membuat lubang di lokasi yang diidentifikasi terdapat minyak / gas. Dalam pengeboran dibutuhkan lumpur pemboran untuk kepentingan aspek keselamatan dan mengefisiensikan biaya pengeboran (Junianto et al., 2017).

Lumpur pemboran dapat berupa cairan penembus yang digunakan di tengah-tengah gagang bor dan lumpur penembus memiliki kapasitas seperti menahan berat simpan, mengangkat stek, media untuk mengetahui lapisan, dan sebagainya (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015).

*Shale* merupakan batuan sedimen yang terjadi dari endapan-endapan lempung (*clay*) (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015). Jika dalam formasi produktif terdapat lempung yang dapat lepas dari kontak dengan air, maka lempung tersebut mengembang dan menyebar. Ketika lempung yang tersebar mengalir melalui ruang pori-pori dengan fluida sampai menyumbat pori-pori batuan dan membentuk penutup, dapat menghentikan atau menghalangi aliran (Rubiandini, 2010a)(Rubiandini, 2010c).

MBT (*Methylene Blue Test*) dalam keadaan *aqueous* adalah pewarna kationik ( $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ) yang berfungsi sebagai indikator dalam percobaan laboratorium. MBT merupakan salah satu metode tercepat dan terakurat untuk mengetahui kadar *clay* dalam agregat halus (Yukselen & Kaya, 2008).

LSM (*Linear Swelling Meter*) digunakan untuk melihat pengembangan (*swelling*) dan tingkat reaksi dari mineral *clay* yang diambil dari *cutting* sumur pemboran apabila dikontakkan dengan lumpur pemboran di kedalaman sumur tertentu (Frisilia, 2019).

Berdasarkan pemaparan diatas, pada penelitian ini dilakukan analisis *swelling clay* di formasi telisa untuk perencanaan lumpur pemboran skala laboratorium, untuk mengetahui kereaktifan *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* dan dilakukan perencanaan lumpur pemboran yang akan digunakan, agar sesuai apabila menembus formasi telisa sehingga tidak terjadi *swelling clay*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui kereaktifan *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* pada formasi telisa.
- 2) Melakukan perencanaan lumpur pemboran yang akan digunakan, agar sesuai apabila menembus formasi telisa sehingga tidak terjadi *swelling clay*.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Dilakukannya penelitian tugas akhir untuk semakin mudahnya dalam penentuan kadar *clay* serta untuk melihat pengembangan (*swelling*) dan tingkat reaksi dari mineral *clay* pada formasi telisa dengan penggunaan uji MBT (*Methylene Blue Test*) dan alat LSM (*Linear Swelling Meter*) mengenai perencanaan lumpur pemboran.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penyelesaian tugas akhir ini peneliti untuk mengetahui kadar *clay* dan melihat pengembangan (*swelling*) dan tingkat reaksi dari mineral *clay* yang diambil dari *cutting* sumur pemboran apabila dikontakkan dengan lumpur pemboran di kedalaman sumur tertentu dengan menggunakan metode MBT (*Methylene Blue Test*) dan LSM (*Linear Swelling Meter*) dan tidak memperhitungkan hidrolika lumpur dan pengangkatan serpihan bor (*cutting*).



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *State Of The Art*

Pada penelitian membahas atau mengevaluasi mengenai perencanaan lumpur pemboran berbahan dasar air pada sumur x lapangan y dengan menggunakan metode material pemberat seperti barite dan CaCO<sub>3</sub>. Pada zona *non-reservoir* menggunakan bentonite sebagai bahan dasar lumpur dan pada zona *reservoir* menggunakan lumpur polimer dengan bahan dasar *xanthan gum*. Material pemberat untuk zona bertekanan tinggi menggunakan campuran barite dan CaCO<sub>3</sub> untuk menghasilkan kualitas lumpur *low solid non dispersed* (Junianto et al., 2017).

Pada penelitian (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015) meneliti analisis penggunaan lumpur pemboran di formasi gumai *shale* sumur K-13, S14, dan Y-6 trayek 12 1/4 CNOOC SES Ltd dengan menggunakan metode *methylene blue test*. Hasil dari *methylene blue test* diketahui jenis mineral pada formasi gumai *shale* adalah mineral *clay illite*, mineral reaktif terhadap air.

Pada penelitian (Frisilia, 2019) mengenai analisis pengaruh formulasi lumpur *water based mud* terhadap tingkat *swelling* pada sumur X dengan menggunakan metode MBT (*Methylene Blue Test*) dan LSM (*Linear Swelling Meter*). Dalam *joint project* yang dilakukan selama kerja praktek di RTC PT.Pertamina (Persero) dapat disimpulkan bahwa perbedaan formulasi lumpur berpengaruh terhadap tingkat *swelling cutting*. Dari hasil analisa MBT diperoleh rata-rata kadar *clay* untuk *collect 1* sebesar 22,264 ml; *collect 2* sebesar 14,558 ml; *collect 3* sebesar 17,323 ml; *collect 4* sebesar 9,029 ml; dan *collect 5* sebesar 8,029 ml.

Pada penelitian (Ariesnawan, 2015) mengenai karakteristik mekanik dan dinamik *clay shale* kabupaten tuban terhadap perubahan kadar air dengan menggunakan metode *swelling potential* dilakukan dengan alat konsolidometer. Parameter dinamik diperoleh dengan menggunakan alat elemen bender di laboratorium struktur, jurusan FTSP, ITS, Surabaya. Benda uji untuk tes elemen bender berbentuk silinder, ber diameter  $\pm 3,8$  cm dan tinggi  $\pm 3,0$  cm. Berdasarkan hasil tes XRD, dan SEM pada *clay shale* Tuban, dapat disimpulkan bahwa pada

kedalaman lereng 10-16 meter tersusun dominan atas mineral lempung *illite*. Persentase mineral *illite* berkurang terhadap penurunan derajat pelapukan. Kandungan *montmorillonite* yang bersifat mengembang pada *clay shale* mempengaruhi sifat fisik, mekanik maupun dinamik *clay shale* Tuban walaupun dengan persentase yang kecil.

## 2.2 Swelling Clay

Serpit (*shale*) terutama terdiri dari lumpur, *silt*, dan *clay*, dan terbentuk sebagai hasil endapan lingkungan laut. Lumpur tersebut terkonsolidasi menjadi *shale* seiring dengan semakin dalam shale akibat tekanan lapisan penutup dan temperatur yang tinggi. *Shale* adalah jenis batuan yang sebagian besar terdiri dari mineral lempung (Herianto & Djoko, 2015).

*Swelling* adalah mengembangnya mineral *clay* akibat pengikatan fluida oleh mineral *clay*. Pengikatan fluida tersebut dipengaruhi oleh harga CEC (*Cation Exchange Capacity*) yaitu kemampuan partikel mineral *clay* untuk melakukan pertukaran kation (*counter balance ion*). Nilai CEC pada jenis *clay* dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** CEC (*Cation Exchange Capacity*) Mineral Clay

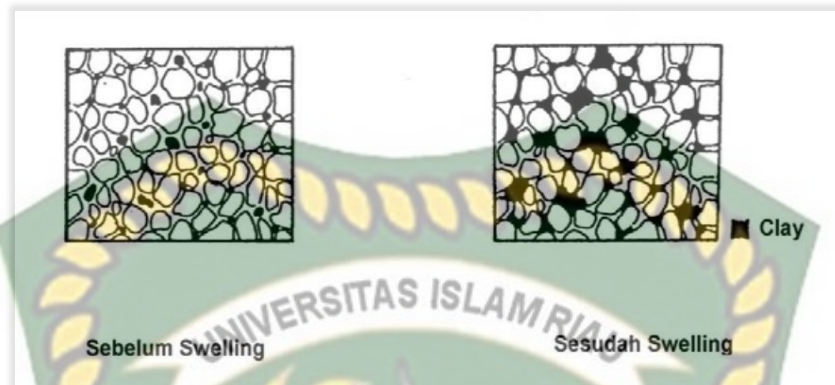
Mineral	Meq/100 gr Clay Kering
<i>Montmorillonite</i>	70-130
<i>Vermiculite</i>	100-200
<i>Illite</i>	10-40
<i>Kaolinite</i>	3-15

Sumber: (Suhascaryo et al., 2020)

*Clay* hidrasi air (air filtrat lumpur pemboran dan air formasi) oleh *clay* yang mengakibatkan *clay* mengembang (*swelling clay*), tergantung dari jenis air terhidrasi (asin atau tawar) serta struktur mineral *clay* yang dapat mengembang (*swelling clay*) dan *clay* yang tidak dapat mengembang (*non-swelling clay*) (Rubiandini, 2010a).

Dimana *clay* yang mengembang, pada batas tertentu mengalami dispersi. Terdispersinya *clay* (ditemukan dalam formasi *shale*) dalam lumpur pemboran

secara tidak terkendali akan meningkatkan kandungan padatan dalam lumpur dengan densitas rendah, sementara viskositasnya naik, meningkatkan kehilangan tekanan dan menurunkan laju pemboran (Rubiandini, 2010a).



**Gambar 2.1** Pengecilan Ruang Pori-Pori Batuan Akibat *Swelling Clay*

(Rubiandini, 2010b)

Dimana mengecilnya pori-pori batuan pada **Gambar 2.1** maka mengakibatkan mengecilnya porositas batuan tersebut.

### 2.3 Mineral *Clay*

Komponen penyusun mineral *clay* berperan besar dalam menentukan sifat dan reaksi jika dikontakkan dengan lumpur pengeboran. Struktur dasar pada mineral *clay* terdiri atas satu atau dua lapisan silikon dioksida dengan satu lembar aluminium oksida atau magnesium oksida. Molekul alumina dan silikat berlapis satu sama lain seperti tumpukan kertas, dengan kation dalam bentuk ion positif yang mengikatnya Natrium atau kalsium (Frisilia, 2019).

#### 2.3.1 Klasifikasi Mineral *Clay*

Mineral *clay* adalah bongkahan yang terdiri dari berbagai bahan dan zat pembentuk koloid. Sulit untuk mendeskripsi ukuran *clay* yang lebih kecil dari 1/256 mm. Meskipun sinar-X dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral *clay*, beberapa mineral *clay* dapat dipelajari lebih detail menggunakan mikroskop elektron dengan perbesaran hingga 5000 kali. Namun, ada perbedaan dalam mengidentifikasi mineral lempung ini karena kesulitan melakukan klasifikasi mineral *clay* tersebut (Rubiandini, 2010a).

### 2.3.2 Morfologi Mineral *Clay*

Untuk dapat melihat morfologi mineral *clay* digunakan alat yang disebut *scanning electron microscope*. Menurut (Rubiandini, 2010a) berikut ada berbagai morfologi mineral *clay*:

#### A. *Mineral Allophone*

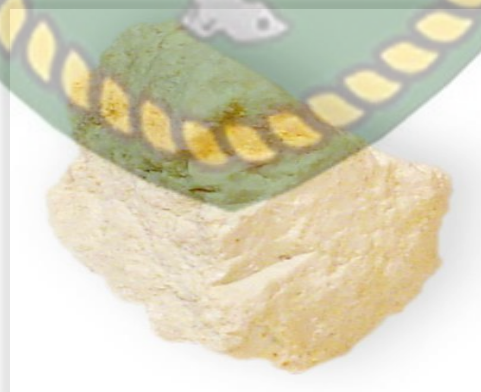
Pada permukaan berbentuk bulat dan berbulu halus, kadang dalam bentuk serpihan.



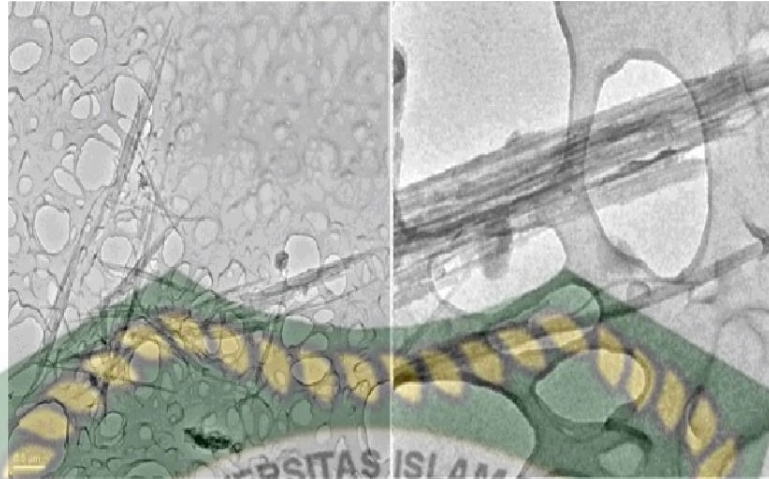
**Gambar 2.2** *Electron Micrograph Mineral Allophone*  
(Wikipedia, n.d.-a)

#### B. *Halloysite*

Ada *crystal* berserat dan memanjang yang merupakan transisi dari *Allophane* ke *Halloysite*, dan memiliki bentuk memanjang dan tabular.



**Gambar 2.3** *Electron Micrograph Mineral Halloysite*  
(Wikipedia, n.d.-b)



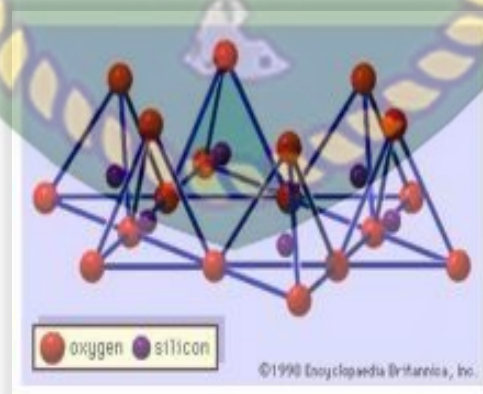
**Gambar 2.4** *Electron Micrograph Mineral Transmission Electron Microscope*  
(Holbeche et al., 2010)

### 2.3.3 Struktur Mineral Clay

Menurut (Amin, 2013) berdasarkan struktur atom yang terbentuk berlapisan, maka mineral *clay* dapat dikelompokkan menjadi beberapa meliputi:

#### A. Struktur Silika *Tetrahedron*

Terbentuk dari sebuah lembaran berbentuk seperti sarang lebah (*tetrahedral*), dengan pusat atom silikon yang dikelilingi oleh empat atom oksigen. *Tetrahedral* diikat satu sama lain membentuk lembaran dengan membagi ketiga atom oksigen dengan *tetrahedral* di sekelilingnya.



**Gambar 2.5** Struktur Silika *Tetrahedron*  
(Utami, 2018)

## B. Struktur *Alumina Octahedron*

Lembaran ini terdiri dari ikatan *octahedron*, yang masing-masing terbentuk oleh enam atom oksigen. Ikatan tersebut dibentuk oleh -atom oksigen antara dua atau tiga *octahedron* sekitarnya.



**Gambar 2 6** Struktur *Alumina Octahedron*

(Utami, 2018)

### 2.3.4 Jenis-Jenis Mineral *Clay*

Menurut (Herianto & Djoko, 2015) berdasarkan komposisi mineral lempung dapat dibagi menjadi empat kelas berdasarkan mineral penyusunnya dan ikatannya:

#### A. *Kaolinite* $[(OH)_8Al_4Si_4O_{10}]$

*Kaolinite* terbentuk dari susunan berulang silika tetrahedral dan satu alumina octahedral, unit gabungan ini disebut *crystal lattice* (konfigurasi 1:1), gabungan dari dua *lattice* membentuk kristal *kaolinite*. Ruang yang terbentuk antara dua *lattice* dalam satu kristal disebut sebagai basal plane. Antara dua *lattice* dalam satu *crystal* terikat oleh sisi *hydroxyl* (OH) dari alumina *octahedral* (*gibbsite*) dan sisi oksigen dari silika *tetrahedral*. Ikatan hidrogen memiliki karakteristik yang cukup kuat, sehingga tidak reaktif/mengembang.

#### B. *Montmorillonite* $[(OH)_4Al_4Si_8O_{20}nH_2O]$

Dalam lumpur air tawar, *montmorillonite* (*bentonite*) bertindak sebagai *viscosifier* dan peredam viskositas. Satu kisi *montmorillonite* terdiri dari dua *tetrahedron* silika dan satu oktahedron alumina (konfigurasi 2:1). Dua sisi *tetrahedral* oksigen terikat di antara dua kisi kristal ini. Karena hubungan ini lemah dan memungkinkan air masuk, bidang basal meningkat (*swelling*).

#### C. *Illite* $[(OH)_4 Ky(Al_4Mg_4Mg_6)(Si_{8-y}Al_y) O_{20}]$

*Illite* seperti *montmorillonite*, memiliki struktur konfigurasi 2:1. Substitusi  $\text{Al}^{3+}$  untuk  $\text{Si}^{4+}$  pada struktur *tetrahedron* dan  $\text{Al}^{3+}$  untuk  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , dan  $\text{Mg}^{3+}$  pada struktur oktahedral mengakibatkan ketidakseimbangan muatan minus satu per unit kristal. Ion kalium menyeimbangkan ketidakseimbangan ini dengan mengikat unit *crystal illite* bersama-sama dan mencegah mengembang. *Illite* dapat memuai (*swelling*) ketika bersentuhan dengan air jika strukturnya berubah karena pelepasan ion kalium.

#### D. *Attapulgite* $[(\text{OH})_{10}\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20}4\text{H}_2\text{O}]$

Rantai panjang silika bergabung dengan  $\text{Al}^{3+}$  atau  $\text{Mg}^{3+}$  untuk membentuk *attapulgite*. Partikel *attapulgite* memiliki struktur dan bentuk yang sangat berbeda dengan mineral tipe mika yang kristalnya berbentuk jarum.

#### 2.4 Sifat Kimia Mineral *Clay*

Kemampuan mineral lempung untuk menyerap anion dan kation tertentu dan mengubahnya menjadi anion dan kation lain dengan berinteraksi dengan ion dalam air merupakan fitur kimia penting (pertukaran ion). Reaksi pertukaran *stoikiometri* ini terjadi di sekeliling unit struktural lempung silika-alumina. Struktur mineral lempung sebagian besar tidak terpengaruh oleh peristiwa pertukaran ini (Rubiandini, 2010a).

Pada  $\text{PH} = 7.0$ , kapasitas penggantian ion mineral lempung ini diukur dalam *miliekuivalen* per gram atau perseratus gram. Pertukaran kation dan anion (*Cation and Anion Exchange*) dan kemampuannya akan dibahas lebih lanjut (Rubiandini, 2010a).

##### 2.4.1 *Cation Exchange*

Mineral lempung bukan satu-satunya jenis komponen bahan lempung yang tidak dapat menggantikan kation; ada bahan organik di dalamnya yang dapat, meskipun ukurannya kecil, memiliki kemampuan sama karena pemutusan ikatan atom di sekitar zat tersebut. Kecuali mineral zeolite yang banyak terdapat pada material lempung dan mempunyai kapasitas penggantian kation antara 100 sampai 300 mil ekuivalen, kapasitas tukar kation material non lempung dengan ukuran partikel kecil tidak signifikan, kecuali mineral zeolite yang sering ditemukan dalam bahan lempung dan memiliki kapasitas penggantian kation antara 100 dan 300 mil ekuivalen (Rubiandini, 2010a).

Pengikatan kation positif kation yang dapat ditukar, seperti Na atau Ca, dapat bertukar dengan kation atom lain yang bermuatan lebih kuat. Kemampuan pertukaran ion ini, juga dikenal sebagai Kapasitas Pertukaran Kation (*Cation Exchangeable Capacity / CEC*), menunjukkan reaktivitas lempung dan merupakan ukuran kualitasnya dalam urutan kekuatan ionik (Herianto & Djoko, 2015):



Dimana kation yang berada di bagian kiri menggantikan kation yang berada di bagian kanannya. Jumlah total kation dari yang diserap, dinyatakan sebagai *milliequivalent* per 100 gr (meq/100 gr) *clay* kering disebut *Base Exchange Capacity (BEC)*. Harga BEC untuk setiap jenis mineral *clay* berbeda seperti pada **Tabel 2.2** sebagai berikut:

**Tabel 2.2** *Base Exchange Capacity (BEC) Mineral Clay*

<b>Mineral Clay</b>	<b>Meq/100 gr Lempung Kering</b>
<i>Montmorillonite</i>	70 – 130
<i>Vermiculite</i>	100 – 200
<i>Illite</i>	10 – 40
<i>Kaolinite</i>	3 – 15
<i>Cholorite</i>	10 – 40
<i>Attapulгите-Sepiolite</i>	10 -35

*Sumber:* (Herianto & Djoko, 2015)

Menurut (Rubiandini, 2010a) ada beberapa kemungkinan penyebab terjadinya pergantian kation yaitu:

- Mutan yang tidak seimbang disebabkan oleh ikatan yang putus di sekitar sisi unit silika-alumina, sehingga harus bervalensi rendah untuk menyeimbangkan kembali, terutama magnesium dalam menyerap kation.
- Dalam struktur *tetrahedral*, aluminium valensi 3 menggantikan silikon *kuadrivalen* dalam *crystal*, serta ion valensi rendah, khususnya magnesium.



- c. Pergantian hidrogen oleh kation yang dapat ditukar yang terjadi dari gugus hidroksil (*exchangeable*). Namun, ada kekhawatiran tentang faktor ketiga karena hidrogen tidak dapat digantikan oleh kation dibawah keadaan pertukaran ini.
- d. *Swelling* dapat terjadi akibat proses pertukaran kation. Ion (kation) yang bermuatan positif akan meninggalkan lempeng lempung ketika bersentuhan dengan air dan satu lempeng lempung terlepas dari matriksnya. Karena molekul air bersifat polar, mereka akan ditarik kembali oleh gaya gravitasi.



**Gambar 2.7** Tarik Menarik Molekul Dipolar Pada Lapisan Ganda Terdifusi  
(Braja, 1995)

#### 2.4.2 Anion Exchange

Reaksi pergantian *anion* sangat sulit diselidiki dikarenakan adanya kemungkinan mineral *clay* yang mengurai selama reaksi berlangsung. Kasus ini ditemukan pada absorpsi fosfat oleh kaolinite, dimana terjadi pengrusakan struktur kaolinite yang disebabkan bereaksinya ion phosphate dengan alumina pada struktur kristalnya di samping penggantian gugus hidroksil *diphosphate* (Rubiandini, 2010a).

Menurut (Rubiandini, 2010a) ada beberapa kemungkinan penyebab terjadinya pergantian *anion* yaitu:

- a. Adanya rantai ikatan yang putus di tepi partikel mineral *clay*. Rantai yang putus tadi diperkirakan menyediakan tempat (muatan) negatif sebanyak tempat

(muatan) positif sekeliling sisi mineral *clay*, sehingga diharapkan kapasitas penggantian *anion* sama dengan kapasitas penggantian kation.

- b. Perpindahan ion hidroksil pada permukaan partikel mineral *clay*.
- c. Geometri dari *anion-anion* dalam hubungannya dengan geometri struktur mineral *clay*. *Anion-anion* seperti *phosphate*, *arsenate*, *borate* yang mempunyai ukuran dan geometri seperti pada silika dengan struktur *tetrahedral*, mungkin terserap secara sempurna pada pinggir silika tersebut.

**Tabel 2.3** Kapasitas *Anion Exchange Mineral Clay*

Mineral Clay	Meq/100 gr
<i>Montmorillonite, Geisenheim</i>	31
<i>Montmorillonite, Wyoming</i>	23
<i>Beidellite, Unterrupsroth</i>	21
<i>Nontronite, Untergriesbach</i>	20
<i>Nontronite, Pfreindtal</i>	12
<i>Saponite</i>	21
<i>Vermiculite</i>	4
<i>Kaolinite</i>	20

Sumber: (Rubiandini, 2010a)

## 2.5 Karakteristik Umum Mineral Clay

Menurut (Wakim, 2005) berikut ini adalah beberapa sifat umum *Clay* yang dapat ditentukan dengan menggunakan parameter teknis:

- a. Ada jumlah konsolidasi yang berlebihan
- b. Saat terkena air, ketahanan batuan (durabilitas) rendah.
- c. Tekanan *swelling* yang tinggi.
- d. Secara signifikan terdegradasi saat terkena air.

## 2.6 Shale

Serpih (*shale*) terbentuk melalui pengendapan lanau, celah, dan lempung di lingkungan laut. Lumpur terkonsolidasi menjadi *shale* karena semakin dalam karena tekanan lapisan penutup dan suhu tinggi. *Shale* yang mengandung pasir dikenal sebagai *shale arenaceous*, *shale* yang mengandung kalsium karbonat dikenal sebagai *calcareous shale*, *shale* pembawa besi dikenal sebagai *ferruginous shale*, dan *shale* yang mengandung bahan organik dikenal sebagai *shale karbon*. *Shale* adalah suatu bentuk batuan yang sebagian besar mineralnya adalah mineral lempung (Herianto & Djoko, 2015).



**Gambar 2.8 Shale**

*Clay shale* dapat ditemukan di danau dan deposit lagoon, delta sungai, dataran banjir dan pantai. Perilaku utama *shale* sangat sulit diidentifikasi akan tetapi setelah tekan sinar matahari, udara, dan air dalam waktu yang relatif singkat, maka *shale* akan menjadi tanah lempung yang lunak seperti lumpur (Irsyam, 2010).

### 2.6.1. Klasifikasi Shale

Menurut (Suhascaryo et al., 2020) telah mengklasifikasikan *clay* untuk kepentingan teknologi fluida pemboran sehingga dapat didesain sifat fluida pemboran agar *shale* tetap stabil, seperti terlihat pada **Tabel 2.4** berikut:

Tabel 2.4 Klasifikasi *Shale* Berdasarkan Uji MBT

<i>Class</i>	<i>Texture</i>	<i>CEC</i> ( <i>meq/100 g</i> )	<i>Water Content</i>	<i>Water</i> ( <i>wt %</i> )	<i>Clay Content</i>	<i>Density</i> ( <i>g / cm<sup>3</sup></i> )
A	<i>Soft</i>	20 - 40	<i>Free &amp; Bound</i>	25 - 70	<i>Montmorillonite</i> <i>Illite</i>	1,2 - 1,5
B	<i>Firm</i>	10-20	<i>Bound</i>	15 - 25	<i>Illite &amp; Mixed Layer,</i> <i>Montmorillonite</i> <i>Illite</i>	1,5 - 2,2
C	<i>Hard</i>	3 - 10	<i>Bound</i>	5 - 15	<i>Trace</i> <i>Montmorillonite,</i> <i>High Illite</i>	2,2 - 2,5
D	<i>Brittle</i>	0 - 3	<i>Bound</i>	2 - 5	<i>Illite, Kaolin,</i> <i>Chlorite</i>	2,5 -2,7
E	<i>Firm</i> <i>Hard</i>	10 - 20	<i>Bound</i>	2 - 10	<i>Illite &amp; Mixed Layer,</i> <i>Montmorillonite</i> <i>Illite</i>	2,3 -2,7

Sumber: (Suhascaryo et al., 2020)

Menurut (Suhascaryo et al., 2020) untuk melakukan perhitungan CEC menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\text{CEC, meq/100 gr clay} = \text{Volume Methylene Blue avg} \times 1.95$$

Tabel 2.5 Klasifikasi *Shale* Berdasarkan Masalah Yang Terjadi

<b>Kondisi</b>	<b>Karakteristik</b>	<b>Perbaikan Lumpur</b>
<i>Sloughing</i> (Longsoran)	Lunak, tingkat terdispersi tinggi (MBT tinggi)	Lumpur fasa minyak dan lumpur fasa air dengan aditif KCl.

<i>Heaving</i>	Lunak hingga sedang, berselang seling ( <i>interlayered</i> ) dengan dengan unsur <i>clay</i> MBT tinggi, Dapat merupakan proses lanjutan dari <i>sloughing</i> .	Lumpur fasa minyak dan lumpur fasa air dengan aditif KCl.
<i>Expansion (Tight hole)</i>	Derajat plastisitas tinggi, umumnya memiliki nilai MBT tinggi, membentuk " <i>gumbo ball</i> ".	Menaikkan berat jenis, lumpur fasa minyak, dan lumpur fasa air dengan aditif KCl.
<i>Gradual Hole Enlargement (Pembesaran Lubang)</i>	Pengikisan ( <i>washout</i> ), diameter lubang bor membesar, nilai MBT rendah namun tetap mengandung <i>clay</i> , tidak ada kecenderungan <i>sloughing</i> maupun <i>heaving</i> .	<i>Polymer encapsulation, mechanical plugging</i> pada rekahan yang halus.
<i>Caving</i>	Padat, <i>deeply buried, low</i> MBT. Hidrasi permukaan dapat menyebabkan peretakan ( <i>cracking</i> ) dan <i>caving</i> pada fragmen-fragmen yang keras.	Jika <i>montmorillonite</i> , gunakan <i>inhibited mud</i> . Jika <i>kaolinite</i> , gunakan <i>polymer freshwater mud</i> atau lumpur fasa minyak.

Sumber: (Lummus J. L & Azar, 1986)

### 2.6.2. Jenis - Jenis *Shale*

Menurut (Herianto & Djoko, 2015) terdapat beberapa jenis *shale* yaitu sebagai berikut:

#### A. *Swelling Shale (Mud Making Shale)*

- 1) Bentuk *Shale* ini sangat peka terhadap air (lumpur). Air (hidrasi) tersedot oleh *spesies* ini, yang tumbuh subur di *Shale Bentonite*.
- 2) Pengeboran dengan fluida pemboran yang tidak berpengaruh atau bereaksi dengan *shale* adalah solusinya.
- 3) Lumpur kapur, lumpur gipsum, lumpur kalsium klorida, dan lumpur lignosulfonat dan lumpur minyak yang paling sering digunakan semuanya digunakan dalam kasus ini.

Lumpur jenis ini, bagaimanapun, tidak dapat sepenuhnya memperbaiki masalah serpih. Maka upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menjaga agar *shale* tidak terhidrasi atau bereaksi dengan lumpur, misalnya dengan memanfaatkan lumpur dengan kehilangan filtrat yang rendah.

Faktor-faktor berikut berperan dalam mengatasi serpih ini:

- 1) Menjaga pH yang konsisten, biasanya antara 8,5 dan 9,5.
- 2) Dinding lubang bor dapat ditopang oleh berat lumpur.
- 3) Jumlah air filtrasi dijaga agar tetap minimum.

B. *Stressed Shale (Sloughing Shale)*

- 1) Bentuk *Shale* ini tidak banyak terhidrasi atau bereaksi dengan air, namun cepat runtuh. Masalah ini diperburuk jika lapisannya miring dan ditambahkan ketika basah dengan air atau lumpur.
- 2) Apabila salinitas lumpur pemboran lebih besar dari pada salinitas pada formasi, lebih mempermudah terjadinya keguguran formasi kedalam lubang pemboran. Ini dikarenakan fasa cair yang terkandung didalam formasi, khususnya di dalam *shale* masuk kedalam lumpur pemboran.

## 2.7 Lumpur Pemboran

Lumpur pemboran adalah fluida pemboran yang digunakan pada saat proses pengeboran berlangsung dan lumpur pemboran memiliki fungsi seperti menahan tekanan reservoir, mengangkat *cutting*, media untuk mengetahui lapisan, dan lain sebagainya (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015).

Lumpur pemboran terdiri dari bahan dasar, bahan aditif, atau hasil campuran bahan dasar dan aditif (Permen ESDM No.045 Tahun 2006, 2006), fungsi lumpur pemboran selain mengangkat *cutting* dari lubang pemboran dan mengangkat ke permukaan, lumpur pemboran juga dapat mencegah terjadinya *blow out*, melumasi *drill bit*, dan mengendalikan tekanan lubang pemboran (Sadiq R, 2004).

Pada penggunaan lumpur pemboran untuk setiap kondisi sumur berbeda-beda, sehingga diperlukan pengamatan terhadap jenis-jenis lumpur pemboran yang digunakan agar sesuai dengan kondisi pada formasi. Adapun aspek dari kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan, serta biaya pemboran semua tergantung dari jenis lumpur pemboran yang akan digunakan pada formasi (Yunita, 2018).

### 2.7.1. Fungsi-Fungsi Lumpur Pemboran

Menurut (Amin, 2013) terdapat beberapa fungsi lumpur pemboran yaitu sebagai berikut:

#### A. Mengontrol Tekanan Formasi

Pengontrolan tekanan formasi pada lumpur pemboran dengan menggunakan tekanan hidrostatik. Dimana tekanan fluida formasi umumnya sekitar 0,465 psi/ft kedalaman, pada tekanan normal untuk menahan tekanan formasi. Pada tekanan formasi yang lebih kecil (*subnormal*) dari tekanan normal, maka sifat lumpur dari densitas lumpur diperkecil sehingga lumpur tidak hilang masuk ke dalam formasi. Namun, pada kelebihan tekanan (*abnormal*) maka ditambahkan barite untuk memperberat lumpur pemboran. Kegagalan dari pengontrolan tekanan formasi menyebabkan terjadi masalah seperti hilangnya lumpur pemboran, *kick*, dan sebagainya.

#### B. Mengangkat *Cutting* ke Permukaan

Pengangkatan *cutting* dihasilkan oleh pahat melalui *annulus*. Jika *cutting* tidak terangkat dari dasar sumur, maka menempel pada *bit* yang menurunkan efektivitas pemboran. Adapun faktor yang mempengaruhi pengangkatan *cutting* seperti kecepatan fluida, densitas, viskositas.

#### C. Mempertahankan Stabilitas Lubang Bor

Tekanan hidrostatik lumpur pemboran bertindak menjaga lubang bor. Gaya yang diperoleh dari terbentuknya *mud cake*, jika lumpur pemboran memproduksi *mud cake* yang tebal terjadi *stuck pipe*.

#### D. Menahan sebagian Berat Pipa

*Buoyancy* atau gaya apung pada fluida pemboran akan menahan sebagian berat dari casing.

#### E. Mendinginkan serta Melumasi *Bit* dan *Drilling Assembly*

Dengan adanya pergerakan *bit* pada area *drill string* dengan casing menimbulkan panas, namun konduksi di formasi umumnya kecil sehingga sukar menghilangkan panas. Dengan adanya aliran lumpuran pemboran membantu untuk mendinginkan sistem.

#### F. Menyalurkan Tenaga Hidrolik ke *Bit*

Energi yang dikonversi menjadi tenaga mekanik menyingkirkan *cutting* dari dasar lubang bor dan memperbaiki *Rate of Penetration (ROP)*. Akibat dari aliran fluida pemboran dengan *pressure drop* menyebabkan adanya tenaga hidrolis yang terjadi pada *bit* melalui *bit nozzle*.

#### G. Medium Wireline Logging

Lumpur pemboran ada berbagai jenis dengan berbahan dasar *water base mud*, *oil base mud*, dan udara. Ketiga jenis lumpur memiliki sifat karakteristik yang berbeda sehingga mempengaruhi pemilihan *logging* yang sesuai. Maka perlu dilakukan evaluasi terhadap lumpur pemboran untuk pemilihan program *logging*.

#### 2.8 MBT (*Methylene Blue Test*)

Pada MBT (*Methylene Blue Test*) dalam keadaan *aqueous* merupakan pewarna kationik ( $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ) yang berfungsi sebagai indikator dalam uji laboratorium. Uji MBT (*Methylene Blue Test*) adalah salah satu metode tercepat dan akurat untuk mendeteksi mineral *clay* dalam agregat halus (Yukselen & Kaya, 2008).

Metode MBT (*Methylene Blue Test*) pertama kali dikembangkan di Perancis yang pada awalnya digunakan untuk menentukan mineral *clay* dengan bahan granular pada pembuatan beton. Dimana MBT (*Methylene Blue Test*) memiliki konsep uji bahwa permukaan mineral *clay* memiliki muatan negatif sehingga dapat dideteksi dengan fenomena pertukaran antara ion *clay* dan kation *Methylene Blue Test* (Yool et al., 1998).

Tujuan dari uji MBT (*Methylene Blue Test*) adalah mendapatkan massa *clay* yang terkandung dalam *cutting*. Larutan MBT (*Methylene Blue Test*) yang digunakan pada titrasi biasanya 0,01 N, sehingga nilai CEC (*Cation Exchange Capacity*) sama dengan *centimeter cubic* ( $cm^3$ ) larutan *Methylene Blue* per *centimeter cubic* ( $cm^3$ ) sampel yang dibutuhkan untuk mencapai *endpoint* (“Stand. Handb. Pet. Nat. Gas Eng.,” 2004).

Pada pengujian MBT (*Methylene Blue Test*) dilakukan pada sampel *cutting* untuk mendapatkan nilai kandungan *clay* berdasarkan prinsip kesetimbangan. Pada kesetimbangan ditandai dengan adanya “*Blue Halo*” yaitu lapisan cincin terluar pada kertas filtrat berwarna biru cerah. Dimana pengujian MBT dilakukan penambahan Hidrogen peroksida yang berperan menghilangkan pengaruh senyawa



organik seperti lignosulfonat, lignin, selulosa, polimer, dan akrilat sehingga proses pengujian menjadi akurat (Frisilia, 2019).

Menurut (Fann Instrument Company, 2013) untuk rumus *Methylene Blue Capacity* sebagai berikut:

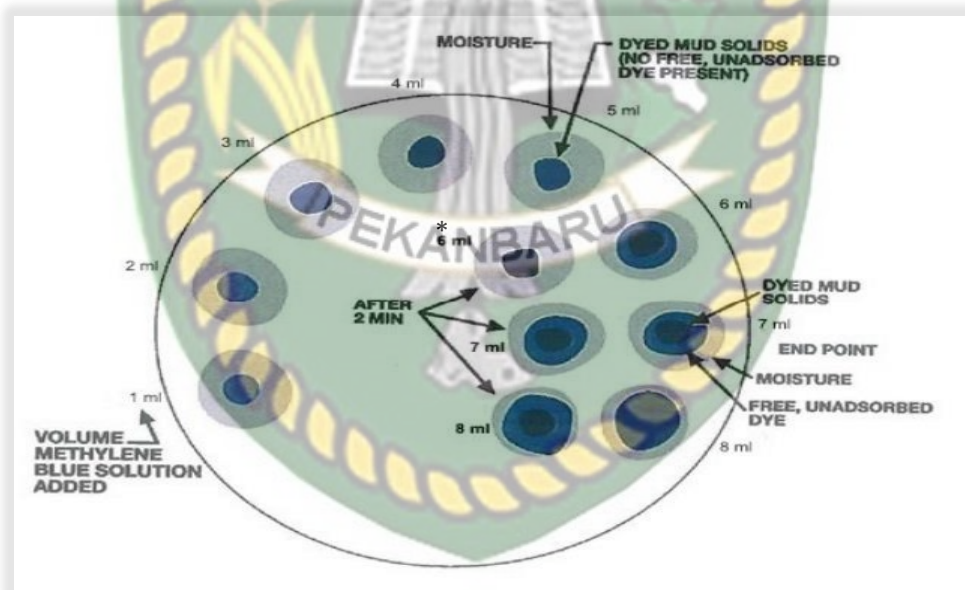
$$\text{Methylene Blue Capacity} = \frac{\text{methylene blue, ml}}{\text{drilling fluid, ml}}$$

Bentonite, lb/bbl *Drilling Fluid* = 5 x *Methylene Blue Capacity*

Bentonite, kg/m<sup>3</sup> *Drilling Fluid* = 2.85 x *Methylene Blue Capacity*

Satuan MBT (*Methylene Blue Capacity*) juga dapat disebut *pounds per barrel* (ppb) pada equivalent bentonite, berdasarkan bentonite dengan *Cation Exchange Capacity* dimana 70 meq / 100 gr (Houston, 2017).

Pada *Hot plate* menggunakan dua jenis *Volt*, yaitu *Methylene Blue Kit*, 115V, Part No. 209679 dan *Methylene Blue Test Kit*, 230V, Part No. 209694 (Fann Instrument Company, 2013).



**Gambar 2.9** Spot test for end point of methylene blue titration

(Fann Instrument Company, 2013)

\*Pewarna bebas terdeteksi segera setelah menambahkan 6 ml diadsorpsi setelah 2 menit dan menunjukkan bahwa titik akhir belum tercapai (Houston, 2017).

### 2.9 LSM (*Linear Swelling Meter*)

Pada analisa *clay swelling* di formasi telisa menggunakan metode *swelling test*. *Swelling test* dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut LSM (*Linear Swelling Meter*). Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat pengembangan dan tingkat reaksi dari mineral *clay* yang diambil dari *cutting* sumur pengeboran apabila dikontakkan dengan lumpur pengeboran. Pada uji LSM hasil yang didapat berupa grafik antara waktu terhadap persentase panjang atau pengembangan *collect* (Frisilia, 2019).



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT Sumber Data Persada.

Tugas akhir dilaksanakan dengan harapan agar mahasiswa mampu melakukan studi kasus, yaitu mengangkat suatu kasus yang dijumpai ditempat Tugas Akhir menjadi suatu kajian sesuai dengan bidang keahlian yang ada, atau melakukan pengamatan, evaluasi pada proses kerja untuk dikaji sesuai dengan bidang keahlian yang dimiliki. Untuk mendukung tugas akhir dan evaluasi yang dilakukan beberapa metode pelaksanaan antara lain:

### 3.1 Metodologi Penelitian

Menelaah dari literatur yang berhubungan dan bersesuaian, baik penelitian sebelumnya dan di perusahaan maupun dari luar perusahaan, dengan menggunakan metode eksperimen laboratorium. Metode ini dilakukan dengan cara mengolah data-data aktual yang didapatkan dari perusahaan seperti data DDR (*Daily Drilling Report*), DMR (*Daily Mud Report*) dan sampel *shale*.

Orientasi data yang dibutuhkan adalah tentang proses mengidentifikasi sampel *shale* dengan kandungan *clay* terbesar dan uji *swelling* antara 3 variasi lumpur dengan sampel *shale* pada laboratorium, dan diantaranya:

1. Pengambilan data pada DDR (*Daily Drilling Report*) dan DMR (*Daily Mud Report*).
2. Melakukan pengambilan sampel *shale* dari lapangan.
3. Melakukan perancangan perhitungan menguji densitas.
4. Melakukan perancangan perhitungan menguji *plastic viscosity*, *yield point*, dan *gel strength*.
5. Melakukan perancangan perhitungan menguji MBT (*Methylene Blue Test*).
6. Melakukan perancangan perhitungan menguji LSM (*Linear Swelling Meter*).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan lumpur *water base mud* pada uji laboratorium PT Sumber Data Persada. Ada banyaknya variabel yang terlibat, maka sangat sukar untuk menentukan *mud* program lumpur secara pasti, maka dari itu *mud* program sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** *Mud Program Lumpur Water Base Mud Pada Uji Laboratorium PT Sumber Data Persada*

Deskripsi	Program	Satuan
Densitas	9.0 - 10.0	(ppg)
<i>Plastic Viscosity</i>	16 - 20	cps
<i>Yield Point</i>	13 - 24	lb/100 ft <sup>2</sup>
<i>Gel Strength 10''</i>	3 - 5	lb/100 ft <sup>2</sup>
<i>Gel Strength 10'</i>	6 - 8	lb/100 ft <sup>2</sup>
<i>API Filtrate</i>	< 6	ml
<i>Mud Cake</i>	< 1	mm
pH	9.0 - 9.5	-
MBT	≤ 20	ppb

Adapun alat dan bahan yang diperlukan sebagai berikut:

A. Alat

Adapun beberapa peralatan yang digunakan sebagai berikut:

1. *API filter press*
2. *Cup mixer*
3. Gelas arloji
4. Gelas ukur 10 ml dan 25 ml
5. Jangka sorong
6. *Mud balanced*
7. *Multi mixer*
8. *pH Paper*
9. *Rheometer*
10. Spatula
11. *Stopwatch*
12. Timbangan digital
13. *Erlenmeyer flask*, 250 ml
14. *Graduated cylinder*, 50 ml
15. *Pipettes*, 1 ml dan 10 ml

16. *Bulb pipettes*
17. *Stirring rod*
18. *Hot plate*
19. *Filter paper, API, 5-in. (12.5 cm) diameter*
20. *Syringe, 5 ml*

## B. Bahan

### 1. *Aquadest*

Merupakan air murni ( $H_2O$ ), merupakan air dari hasil *destilasi* atau air hasil penyulingan.  $H_2O$  digunakan sebagai bahan campuran mineral lainnya dalam pembuatan lumpur pemboran.



**Gambar 3.1** *Aquadest* (Sumber Data Persada)

### 2. Bentonite

Berfungsi untuk menaikkan viskositas dan menurunkan *fluid loss*, serta sebagai media pembawa hasil pengeboran keluar ke permukaan.



**Gambar 3.2** Bentonite (Sumber Data Persada)

### 3. Soda Ash

Berfungsi untuk menetralkan kandungan  $Ca^{+}$  di dalam air, dimana air sebagai bahan kontinyu pembuat lumpur dan menjaga pH.



**Gambar 3.3** Soda Ash (Sumber Data Persada)

4. KOH

Merupakan alkali kuat yang berguna untuk meningkatkan alkalinitas lumpur pengeboran, dan sebagai kontrol terhadap pH.



**Gambar 3.4** KOH (Sumber Data Persada)

5. PAC-LV

Berfungsi untuk menjaga *filtration loss* agar tetap sesuai dengan nilai yang diinginkan.



**Gambar 3.5** PAC-LV (Sumber Data Persada)

6. PAC-R

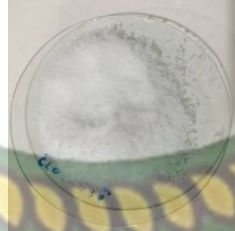
Berfungsi untuk menaikkan harga viskositas, *yield point* dan *gel strength* yang rendah. Selain itu juga dapat mengontrol *filtration loss*.



**Gambar 3.6** PAC-R (Sumber Data Persada)

## 7. KCl

Berfungsi untuk menurunkan dispersi dari *cutting* dan dapat memperbaiki fungsi *shale* inhibitor.



**Gambar 3.7** KCl (Sumber Data Persada)

## 8. XCD

Berfungsi untuk mengurai filtrat pada temperatur tinggi dan memberi sifat kekentalan, serta mengontrol/menaikkan viskositas, *plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength*.



**Gambar 3.8** XCD (Sumber Data Persada)

## 9. PHPA

PHPA adalah *polymer* anionic yang dapat menurunkan dispersi dari *cutting*.



**Gambar 3.9** PHPA (Sumber Data Persada)

## 10. Barite

Barite adalah merupakan bahan pemberat yang paling umum digunakan dalam lumpur pemboran.



**Gambar 3.10** Barite (Sumber Data Persada)

11. Polyamine

Bahan sebagai *shale* inhibitor dan perusahaan biasa dikenal sebagai hyper HIB.



**Gambar 3.11** Polyamine (Sumber Data Persada)

12. Soltex

Bahan sebagai *shale* inhibitor dan perusahaan biasa dikenal sebagai hyper HIB.



**Gambar 3.12** Soltex (Sumber Data Persada)

Adapun beberapa bahan yang digunakan metode MBT (*Methylene Blue Test*) sebagai berikut:

1. Lumpur Pemboran



**Gambar 3.13** Lumpur Pemboran (Sumber Data Persada)



2. *Hydrogen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 3% Solution*



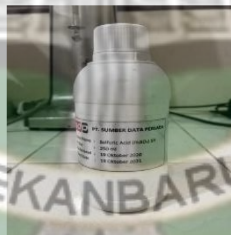
**Gambar 3.14** *Hydrogen Peroxide, 3% Solution* (Sumber Data Persada)

3. *Methylene Blue Solution*



**Gambar 3.15** *Methylene Blue Solution* (Sumber Data Persada)

4. *Sulfuric Acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 5 N*



**Gambar 3.16** *Sulfuric Acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 5N* (Sumber Data Persada)

Adapun beberapa bahan yang digunakan metode LSM (*Linear Swelling Meter*) sebagai berikut:

1. *Calcium Chloride Brine (CaCl<sub>2</sub>)*



**Gambar 3.17** *Calcium Chloride Brine (CaCl<sub>2</sub>)* (Sumber Data Persada)

## 2. Sampel *Shale*



**Gambar 3.18** Sampel *Shale* (Sumber Data Persada)

Prosedur penelitian (Sumber Data Persada) yang dilakukan yaitu dengan membuat lumpur kemudian dilakukan pengujian yang meliputi pengujian Densitas, YP, PV, GS, API *Filtrate*, *Mud Cake*, pH, MBT dan LSM.

Adapun prosedur penelitian pembuatan lumpur yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan *aquadest* pada bejana lalu pasang pada multi *mixer*.
2. Kemudian masukan *bentonite* selama 10 menit dengan kecepatan *low*.
3. Setelah itu masukkan soda ash selama 1 menit dengan kecepatan *low*.
4. Setelah itu masukkan KOH selama 1 menit dengan kecepatan *low* 5. Setelah itu masukkan PAC-LV selama 8 menit dengan kecepatan medium.
6. Setelah itu masukkan PAC-R selama 8 menit dengan kecepatan medium.
7. Setelah itu masukkan XCD selama 10 menit dengan kecepatan *high*.
8. Setelah itu masukkan KCL selama 5 menit dengan kecepatan *high*.
9. Setelah itu masukkan PHPA *Powder* selama 5 menit dengan kecepatan *high*.
10. Setelah itu masukkan Barite selama 5 menit dengan kecepatan medium.
11. Setelah diaduk semua material pada *mixer*, bejana diambil kemudian siapkan lumpur untuk dilakukan beberapa pengujian.

Penentuan densitas dengan menggunakan *mud balanced* sebagai berikut:

1. Kalibrasi peralatan *mud balanced* dengan bersihkan peralatan *mud balanced* kemudian isi *cup* dengan air sampai penuh, tutup dan bersihkan luarnya dan keringkan dengan lap atau kertas *tissue*.
2. Kemudian letakan *mud balanced* pada kedudukannya, lalu tempatnya rider pada skala 8.33 ppg.
3. Cek level *glass*, bila tidak seimbang atur *calibration screw* hingga seimbang.

4. Setelah kalibrasi, ambil lumpur yang telah disiapkan. Lalu isi *mud balanced* dengan lumpur tersebut.
5. Tutup *cup*, bersihkan lumpur yang melekat pada bagian luar dinding dan penutup *cup*.
6. Letakkan *balanced arm* pada kedudukannya, lalu atur rider hingga seimbang. Lalu mencatat hasil densitas yang ditunjukkan skala.

Penentuan *plastic viscosity* dan *yield point* dengan *rheometer* sebagai berikut

1. Penggunaan *rheometer* yaitu dengan memasukan lumpur ke dalam *cup rheometer*.
2. Letakkan *cup* pada tempatnya, atur kedudukan sehingga rotor tercelup ke dalam lumpur.
3. Jalankan rotor pada posisi *high* dengan kecepatan rotor 600 RPM sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca.
4. Kemudian kecepatan rotor 300 RPM dengan posisi *low* sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca.
5. Kemudian kecepatan rotor 200 RPM dengan posisi *high* sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca.
6. Kemudian kecepatan rotor 100 RPM dengan posisi *low* sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca. Kemudian kecepatan rotor 6 RPM dengan posisi *high* sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca.
7. Kemudian kecepatan rotor 3 RPM dengan posisi *low* sampai skala (dial) stabil dan kemudian catat nilai yang terbaca.
8. Setelah didapatkan nilai maka hitung *plastic viscosity* dengan pembacaan dial 600 RPM dikurangi dengan pembacaan radial 300. Setelah didapat nilai PV maka didapatkan nilai YP dengan nilai PV dikurangi dengan pembacaan dial 300 RPM.

Penentuan *gel strength* dengan *rheometer* sebagai berikut:

1. Sebagai kelanjutan dari prosedur di atas. Lalu aduk lumpur dengan *fann VG meter* dengan kecepatan 600 RPM selama 30 detik.

2. Kemudian matikan *rheometer* dan diamkan selama 10 detik. Setelah 10 detik, jalankan rotor pada kecepatan 3 RPM *low*. Catat simpangan maksimum skala petunjuk sebagai nilai *gel strength* 10 detik.
3. Aduk kembali lumpur dengan *rheometer* dengan kecepatan 600 RPM selama 30 detik. Kemudian matikan *rheometer* dan tunggu selama 10 menit, jalankan rotor pada kecepatan 3 RPM.
4. Catat simpangan maksimum skala petunjuk sebagai nilai *gel strength* 10 menit.

Penentuan *filtration loss* dan *mud cake* dengan menggunakan *API filtrate press* sebagai berikut:

1. Penggunaan *API filtrate press* yaitu merangkai alat *API filter press* dengan susunan *bottom cell, seal, screen, filter paper, seal* dan *cell*.
2. Tuangkan lumpur kedalam *cell* hingga batas lalu tutup dengan *upper cell*.
3. Kemudian simpan gelas ukur 25 ml pada *support* dan atur *thumbscrew* sesuai dengan gelas ukur.
4. Lalu buka tabung gas dan putar *choke* pada tekanan 100 psi selama 30 menit.
5. Lalu setelah itu rilis gas dengan membuka *choke* secara perlahan kemudian tutup tabung gas.
6. Mengamati dan catat hasil *filtrate* pada gelas ukur. Kemudian buka rangkaian *API filtrate press* lalu keluarkan *filter paper*.
7. Bersihkan *filter paper* menggunakan air hingga menyisakan *mud cake* dan ukurlah dengan menggunakan jangka sorong. Lalu catat hasil pengamatan dalam satuan mm.

Penentuan pH dengan menggunakan pH *paper* sebagai berikut:

1. Menentukan pH dengan menyiapkan pH *paper* lalu masukan ke dalam *filtrate* yang telah didapat.
2. Membaca indikator pH *paper*.

Penentuan massa *clay* dengan metode MBT (*Methylene Blue Test*) sebagai berikut:

1. Mengambil 2 ml sampel lumpur, dan dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* 250 ml.
2. Menambahkan 0.5 *sulfuric acid* ( $H_2SO_4$ ) 5 N, 15 ml *hydrogen peroxide* 3%, dan 10 ml *aquades* ke dalam *erlenmeyer*, lalu goyangkan.
3. Memanaskan *erlenmeyer* selama 10 menit, jangan sampai mendidih dan kering.
4. Setelah dipanaskan, tambahkan 22.5 ml *aquades* kedalam *erlenmeyer* dan digoyangkan.
5. Titrasi dengan *mbt* perlahan per 0.5 ml dan putar selama 30 detik di setiap penambahannya.
6. Mencilupkan *stirring rod* ke dalam *erlenmeyer*, lalu angkat.
7. Teteskan cairan di *stirring rod* ke atas *filter paper* (titik awal tercapai pada saat warna biru terbentuk seperti cincin).
8. Ketika cincin biru terbentuk, kocok labu lagi selama 2 menit, kemudian teteskan diatas *filter paper* (jika cincin tidak terbentuk lanjutkan titrasi hingga hasilnya tercapai).
9. Mencatat hasil tirasi *methylene blue*.

Penentuan pengembangan dan tingkat reaksi mineral *clay* dengan metode LSM (*Linear Swelling Meter*) sebagai berikut:

Pada metode LSM (*Linear Swelling Meter*) perlu dilakukan persiapan dan kalibrasi sebelum dilakukan pengujian. Berikut Persiapan dan Kalibrasi, yaitu:

1. Sebelum mencuci sampel *shale*, maka tempatkan 200 gr sampel *shale* pada saringan 100 mesh.
2. Kemudian sampel *shale* dikeringkan di dalam *oven* pada suhu 220°F (150°C) selama 4 jam.
3. Menyimpan sampel *shale* yang telah bersih di dalam *vacuum desiccator* yang mengandung larutan kalsium klorida brine tersaturasi dimana menjaga kelembaban yang konstan sekitar 29.5%.
4. Kalibrasi terhadap alat harus dilakukan sebanyak 2 kali, untuk memastikan pembacaan alat benar-benar akurat.

Pada pengujian, pemasangan Sampel *Shale* (*clay* yang dibentuk menjadi *core*) di LSM. Langkah-langkah berikut ini merupakan langkah pemasangan untuk satu sampel *core* ke salah satu *head* dan menghasilkan suatu *plotting channel*.

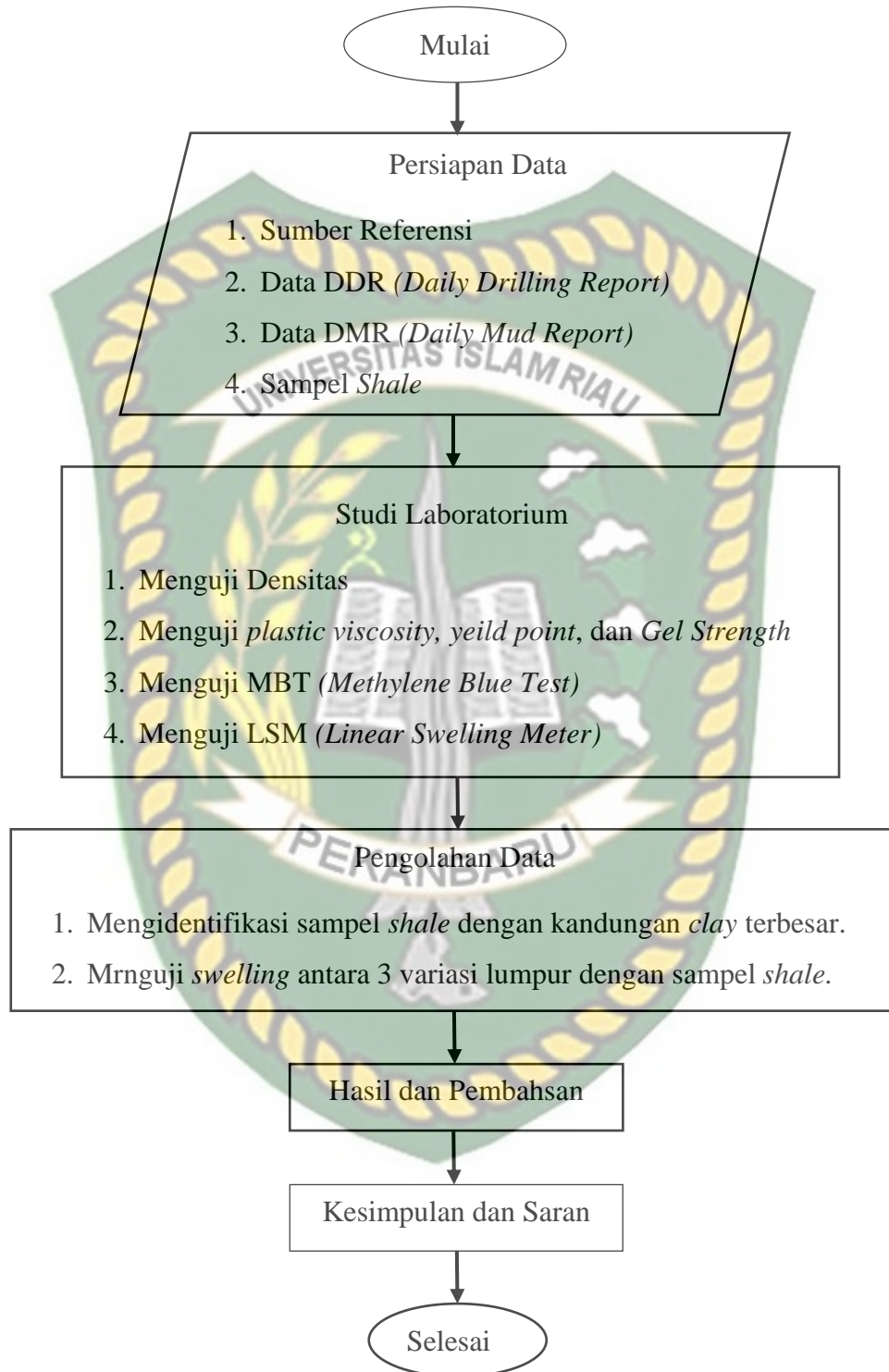
Berikut langkah-langkah pengujian LSM (*Linear Swelling Meter*), yaitu:

1. Mengambil satu sampel *core* yang telah dibuat dari dalam *desiccator*.
2. Menimbang dan mengukur tinggi dari *core* dalam inch. Jika pisa atas dan bawahnya kurang rata, maka ratakan dengan amplas maupun dengan pisau sebelum ditimbang.
3. Mencatat berat dan panjang dari sampel *core* pada lembar data.
4. Menumpukkan disk akrilik pemisah (tebal diameter 1.25inch dan 0.19 inch), sampel *core* dan *teflon plunger cap* kemudian bungkus *core holden* lalu dikunci dengan *core holder lock*.
5. Meletakkan *pyrex evaporation dish* pada meja lsm dibawah pengukuran *head* untuk digunakan.
6. Menurunkan *head* pengukuran dengan menekan dan menahan tombol *rocker* untuk *channel* yang tepat diposisi bawah dan pada saat yang bersamaan menekan tombol *release* di ujung kanan LSM.
7. Menurunkan hingga *teflon plunger cap* menyentuh bagian bawah *pyrex evaporation dish* yang ditunjukkan oleh lampu merah di lampu *head*.
8. Menurunkan pengukuran *head* hingga grafik bar berubah menjadi biru (biasanya di sepertiga bawah dari total grafik).
9. Berhati-hati menuangkan lumpur pemboran kedalam wadah akrilik di sekitar sampel.

Ketika sudah untuk memulai *test*, **klik tombol done.**

10. **Klik tombol stop** pada menu bar dan pilih *head* yang dihentikan pada pengukurannya (bisa pilih semua untuk dihentikan).

Setelah dilakukan pengujian tersebut kemudian mencatat hasil analisis lihat data uji.

3.2 Diagram Alir (*Flow Chart*)

Gambar 3.19 Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian yang dilaksanakan yaitu di laboratorium PT Sumber Data Persada yang bergerak dibidang *drilling services oil and gas, CBM, geothermal*. Dimana laboratorium beralamat di Jln. Raya Hankam No. 1D RT 004/RW 004, Jati Murni, Pondok Melati, Bekasi-17431.

### 3.4 Jadwal Kegiatan Penelitian

Adapun uraian kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:

**Tabel 3. 2** Jadwal Penelitian

Uraian Kegiatan	2021 - 2022							
	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
Studi literatur								
Pengumpulan data								
Pengolahan data								
Analisis data dan pembahasan								
Sidang tugas akhir								



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Masalah

Pada formasi telisa yang berada di kedalaman 714 ft hingga 1800 ft. Adapun hal pertama yang dilakukan adalah saat pemboran sumur x sedang beroperasi pada trayek 12<sup>1/4</sup> yang menembus formasi telisa yang didominasi lapisan *shale* yang mengandung *clay* yang reaktif air filtrat lumpur dan air formasi oleh *clay* yang mengakibatkan *clay* tersebut mengembang (*swelling*). Sehingga masalah lempung harus diatasi dengan *mud properties* yang baik agar tidak meningkatkan *mud weight*. Oleh karena itu diperlukan analisis *swelling clay* untuk perencanaan lumpur pemboran agar dapat mengatasi masalah *swelling clay*, *sloughing shale*, *caving shale*, dan *differential pipe sticking* yang mungkin disebabkan litologi formasi menembus formasi *shale* yang tebal, sehingga masalah tersebut dapat memperlambat laju penembusan dan meningkatkan biaya operasi pemboran. Sehingga penulis melakukan penelitian masalah *swelling clay* diambil sampel *cutting* pada kedalaman 1118 ft untuk pengaruh masing-masing komponen zat-zat dalam formulasi lumpur terhadap sampel *cutting* yang memiliki kandungan *clay* paling banyak. Dalam penelitian dilakukan pengujian MBT (*Methylene Blue Test*) untuk menghitung harga CEC-nya, dan pengujian LSM (*Linear Swelling Meter*) merujuk pada hasil LSM berupa persentase perubahan *swelling*.

### 4.2 Mendesain Lumpur

Berdasarkan dari penelitian dan bahan-bahan kimia yang digunakan serta data yang telah didapatkan melalui laboratorium di PT Sumber Data Persada. Jenis lumpur yang digunakan dengan *water base mud*. Ketika lempung yang tersebar mengalir melalui ruang pori-pori dengan fluida sampai menyumbat pori-pori batuan dan membentuk penutup, dapat menghentikan atau menghalangi aliran. (Rubiandini, 2010c). MBT merupakan salah satu metode tercepat dan terakurat untuk mengetahui kadar *clay* dalam agregat halus (Yukselen & Kaya, 2008). Kondisi ini perlu dilakukan uji variasi lumpur sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Fluid Formulation 7% KCl Polymer PHPA

<i>Fluid Formulation</i>	<b>S.G</b>	<b>Conc. (ppb)</b>	<b>350 (ml)</b>	<i>Mixing Time (min)</i>	<b>Ket</b>
<i>Aquadest</i>	1.00	318.54	318.54	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
PHPA	1.00	0.50	0.50	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

**Tabel 4.2** Fluid Formulation 7% KCl Polymer Polyamine

<i>Fluid Formulation</i>	<b>S.G</b>	<b>Conc. (ppb)</b>	<b>350 (ml)</b>	<i>Mixing Time (min)</i>	<b>Ket</b>
<i>Aquadest</i>	1.00	318.53	318.53	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
Polyamine	0.98	0.50	0.51	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

**Tabel 4.3** Fluid Formulation 7% KCl Polymer Soltex

<i>Fluid Formulation</i>	<b>S.G</b>	<b>Conc.</b> <b>(ppb)</b>	<b>350</b> <b>(ml)</b>	<i>Mixing Time</i> <b>(min)</b>	<b>Ket</b>
<i>Aquadest</i>	1.00	318.61	318.54	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
Soltex	1.15	0.50	0.43	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

#### 4.3 Hasil Analisis Data dan Perhitungan Lumpur

Adapun hasil menganalisis pengaruh perbedaan formulasi lumpur terhadap sampel *cutting* berdasarkan kurva *swelling*, sebelum masuk ke dalam tahap uji *swelling* akan dilakukan uji *plastic viscosity*, *yield point*, *gel strength* dan MBT. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komponen kimia dalam formulasi lumpur yang memiliki impact paling besar terhadap naik turunnya tingkat *swelling* dengan variabel tetap berupa sampel yang memiliki jumlah *clay* yang paling banyak, dan variasi lumpur sebanyak 3 sampel. Adapun hasil dari parameter yang telah diuji dapat dilihat pada **Tabel 4.4** sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Lumpur

<i>Mud Properties</i>		<i>Water Based Mud</i>		
		<i>7% KCl Polymer PHPA</i>	<i>7% KCl Polymer Polyamine</i>	<i>7% KCl Polymer Soltex</i>
Mud Weight (ppg)	9.0-10.0	9.9	9.8	9.5
<i>Rheology</i>				
600 RPM		58	58	56
300 RPM		38	37	37
200 RPM		28	28	27
100 RPM		18	19	17
6 RPM		4	5	4
3 RPM		4	4	3
<i>Plastic Viscosity</i> (cps)	16 - 20	20	20	19
<i>Yield Point</i> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	13 - 24	18	17	18
<i>Gel Strength 10</i> sec (lb/100 ft <sup>2</sup> )	3 - 5	4	6	5
<i>Gel Strength 10</i> min (lb/100 ft <sup>2</sup> )	6 - 8	6	8	7
<i>API Filtrate</i> (ml)	< 6	5.8	6	6
<i>Mud Cake</i> (mm)	< 1	0.8	0.8	0.7
pH	9.0-9.5	9.5	9.4	9.5
MBT (ppb)	< 20	15	12.5	10

Nilai pada pengujian lumpur 7% KCl *Polymer PHPA* memiliki Densitas 9.9 ppg, *Plastic Viscosity* 20 cps, *Yield Point* 18 lb/100 ft<sup>2</sup>, *Gel Strength 10 sec* 4 lb/100ft<sup>2</sup>, *Gel Strength 10 min* 6 lb/100ft<sup>2</sup>, *API Filtrate* 5.8 ml, *Mud Cake* 0.8 mm, pH 9.5 dan MBT 15 lb/bbl.

Pada pengujian lumpur 7% KCl *Polymer Polyamine* memiliki Densitas 9.8 ppg adanya penurunan, *Plastic Viscosity* 20 cps, *Yield Point* 17 lb/100 ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 sec 4 lb/100ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 min 6 lb/100ft<sup>2</sup>, *API Filtrate* 6 ml, *Mud Cake* 0.8 mm, 9.4 pH, dan *MBT* 12.5 lb/bbl.

Pada pengujian lumpur 7% KCl *Polymer Soltex* memiliki Densitas 9.5 ppg juga ada penurunan, *Plastic Viscosity* 19 cps, dan *Yield Point* 18 lb/100 ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 sec 5 lb/100 ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 min 8 lb/100 ft<sup>2</sup>, *API Filtrate* 6 ml, *Mud Cake* 0.7 mm, pH 9.5, dan *MBT* 10 lb/bbl.

#### 4.4 Hasil Analisis Data *Cutting*

Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah data kualitatif berupa hasil volume MBT yang dihasilkan pada sampel *cutting*, dan hasil uji *swelling* berupa kurva LSM antara sampel yang memiliki kandungan *clay* terbanyak dengan tiga *additive water base mud*. Kemudian hasil data tersebut dianalisis untuk mengidentifikasi formulasi lumpur terbaik antara sampel 1, 2, dan 3 serta pengaruh reaksi kimia yang terjadi.

Untuk mengetahui sample *cutting* termasuk jenis mineral *clay* mana, metode *Cation Exchange Capacity* agar memudahkan kita dalam menganalisa reaksi lumpur terhadap *cutting* perhitunganya sebagai berikut:

a. 7% KCl *Polymer PHPA*

$$\begin{aligned} \text{CEC, meq/100 gr} &= \text{Volume MBT avg} \times 1.95 \\ &= 15 \times 1.95 \\ &= 29.5 \text{ meq/100 gr} \end{aligned}$$

b. 7% KCl *Polymer Polyamine*

$$\begin{aligned} \text{CEC, meq/100 gr} &= \text{Volume MBT avg} \times 1.95 \\ &= 12.5 \times 1.95 \\ &= 24.375 \text{ meq/100 gr} \end{aligned}$$

c. 7% KCl *Polymer Soltex*

$$\begin{aligned} \text{CEC, meq/100 gr} &= \text{Volume MBT avg} \times 1.95 \\ &= 10 \times 1.95 \\ &= 19.5 \text{ meq/100 gr} \end{aligned}$$

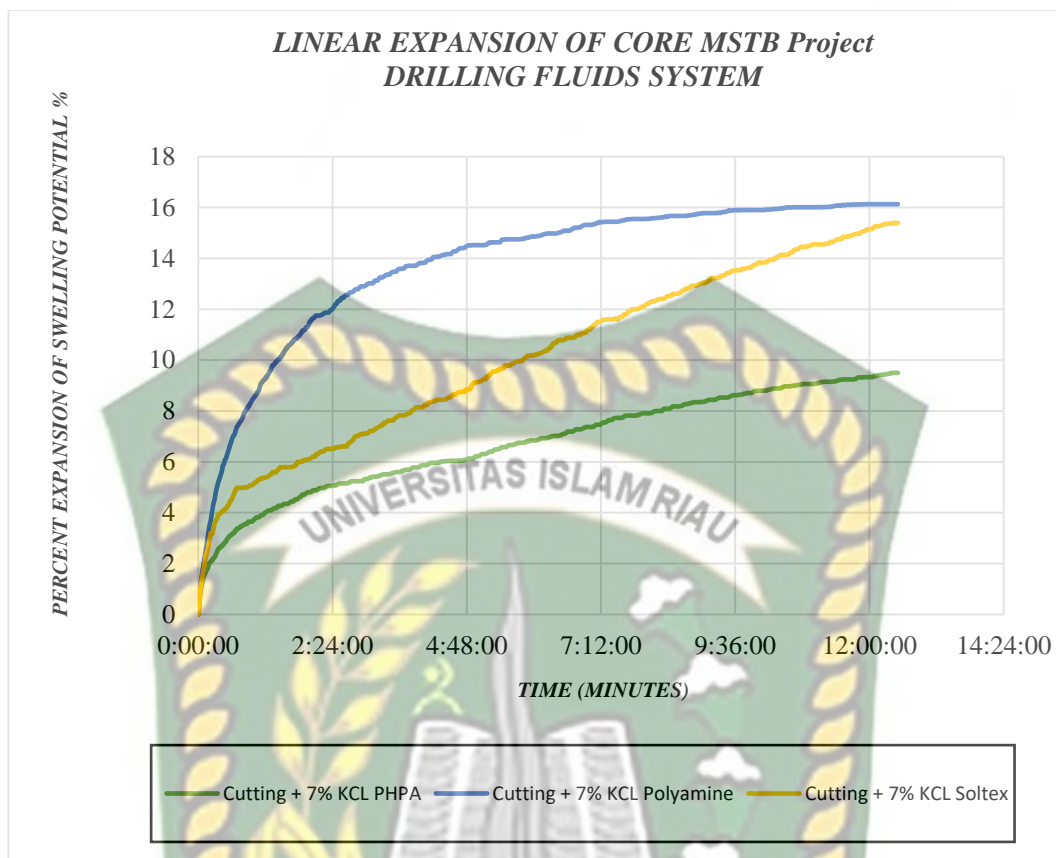
Tabel 4.5 Hasil CEC (*Cation Exchange Capacity*)

Lumpur Pemboran	Kedalaman Sampel (ft)	Hasil MBT (ppb)	Kandungan Clay (meq/100 gr)
7% KCl <i>Polymer</i> PHPA		15	29,5
7% KCl <i>Polymer</i> Polyamine	1118	12.5	24,375
7% KCl <i>Polymer</i> Soltex		10	19,5

Pada tabel diatas pengaruh dari setiap lumpur pemboran memiliki nilai yang berbeda pada MBT dan kandungan *clay*. Hasil yang memiliki jumlah *clay* terbanyak adalah penggunaan lumpur pemboran 7% KCl *Polymer* PHPA dengan 29.5 meq/100 gr. Seperti pada klasifikasi Tabel 2.4 untuk klasifikasi *shale* yang sesuai yaitu *class A, texture soft, clay content* yaitu *montmorillonite* dan *illite*. Kandungan *clay* yang banyak mengindikasikan batuan *cutting* reaktif karena Setingkat *swelling* yang dihasilkan besar ketika kontak langsung dengan lumpur pemboran. Berdasarkan hasil *clay* penulis memilih lumpur pemboran 7% KCl *Polymer* PHPA dengan jumlah *clay* paling banyak sebagai parameter terikat karena sifat *cutting* di lumpur pemboran tersebut reaktif sehingga perubahan mudah diamati.

#### 4.5 Hasil Analisis *Swelling Clay* Menggunakan *Linear Swell Meter*

Pada analisis lumpur *water base mud* menggunakan alat *Linear Swell Meter* menghasilkan data berupa persentase *swelling* dengan jangka waktu analisa (*minute*) pada data tersebut. Maka dari itu terdapat perbandingan antara hasil pengukuran menggunakan *additive* lumpur yang berbeda. Adapun hasil yang terlihat dari kurva yang membandingkan antara variasi *additive* lumpur *water base mud* yang didapatkan adalah pada grafik 4.1 yaitu:



**Grafik 4.1** Hasil Pengujian Dengan Alat *Linear Swell Meter* Pada Lumpur *Water Base Mud* Dan Perbandingan *Additive* Berbeda Pada Batuan *Shale*

Pada grafik 4.1 menunjukkan bahwa pengujian menggunakan *cutting* yang sama, *additive* lumpur yang berbeda yaitu 7% KCl PHPA, 7% KCl Polyamine, dan 7% KCl Soltex menggunakan alat *Linear Swell Meter*. Dalam waktu 864 menit (14 jam 24 menit) sistem lumpur *water base mud* dengan menggunakan 3 *additive* berbeda memiliki nilai *swell* yang berbeda yaitu 7% KCl PHPA memiliki nilai 9.5%, dan untuk 7% KCl Polyamine memiliki nilai 15.39%, dan untuk 7% KCl Soltex memiliki nilai 16.13%.

#### 4.6 Pembahasan Analisis *Swelling Clay* Di Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran

Berdasarkan analisis *Swelling Clay* di Formasi Telisa untuk Perencanaan Lumpur Pemboran yang didapatkan sebagai berikut:

1. Nilai CEC (*Cation Exchange Capacity*) dari setiap lumpur yang diuji menggunakan sampel *cutting* dan kedalaman sama, yaitu 7% KCl *Polymer*

PHPA=29.5 meq/100 gr, 7% KCl *Polymer Polyamine*=24.375 meq/100 gr, 7% KCl *Polymer Soltex*=19.5 meq/100 gr.

2. Nilai LSM (*Linear Swell Meter*) dari setiap lumpur yang diuji menggunakan sampel *cutting* dan kedalaman yang sama, yaitu 7% KCl PHPA memiliki nilai 9.5%, dan untuk 7% KCl *Polyamine* memiliki nilai 15.39%, dan untuk 7% KCl *Soltex* memiliki nilai 16.13%.
3. Penggunaan lumpur pemboran dengan *additive* 7% KCl *Polymer* PHPA lebih efektif dibandingkan 7% KCl *Polymer Polyamine*, dan 7% KCl *Polymer Soltex* dilihat dari nilai CEC (*Cation Exchange Capacity*) dan LSM (*Linear Swell Meter*).





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis *swelling clay* di formasi telisa untuk perencanaan lumpur pemboran skala laboratorium maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil kereaktifan *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* pada formasi telisa pada trayek 12<sup>1/4</sup> inch tersebut dengan penggunaan *additive* 7% KCl *Polymer* PHPA yaitu 29.5 meq/100 gr. Seperti pada klasifikasi **Tabel 2.4** untuk klasifikasi *shale* yang sesuai yaitu *class A, texture soft, clay content montmorillonite dan illite*. Kandungan *clay* yang banyak mengindikasikan batuan *cutting* reaktif karena tingkat *swelling* yang dihasilkan besar ketika kontak langsung dengan lumpur pemboran.
2. Adapun komposisi lumpur yang sesuai menggunakan *additive* 7% KCl *Polymer* PHPA yaitu terdiri dari 318.54 ml *Aquadest*, 1.54 gr Bentonite, 0.10 gr Soda Ash, 0.12 gr KOH, 2.0 gr PAC-LV, 0.17 gr PAC-R, 0.20 gr XCD, 12.86 gr KCl, 0.50 gr PHPA, dan 13.97 gr Barite. Dengan hasil dari parameter yang telah diuji yaitu memiliki Densitas 9.9 ppg *Plastic Viscosity* 20 cps, *Yield Point* 18 lb/100 ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 sec 4 lb/100ft<sup>2</sup>, *Gel Strength* 10 min 6 lb/100ft<sup>2</sup>, *API Filtrate* 5.8 ml, *Mud Cake* 0.8 mm, pH 9.5 dan MBT 15 lb/bbl.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh maka peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian dengan *Swelling Clay, Shale, Lumpur Pemboran, MBT (Methylene Blue Test), LSM (Linear Swelling Meter)* yang bertujuan untuk melihat adanya perubahan yang terjadi pada sifat-sifat lumpur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. M. (2013). *Lumpur dan Hidrolika Lumpur Pengeboran*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Ariesnawan, R. A. (2015). *Karakteristik Mekanik dan Dinamik Clay Shale Kabupaten Tuban Terhadap Perubahan Kadar Air*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Braja, M. Das. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. In P. D. Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc. & P. Ir. Indrasurya B. Mochtar M.Sc. (Eds.), *Institut Teknologi 10 Nopember* (1st ed., Vol. 1). Erlangga.
- Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, A. S. (2015). Analisis Penggunaan Lumpur Pemboran Pada Formasi Gumai Shale Sumur K- 13, S - 14 dan Y-6 Trayek 12 1/2" CNOOC SES Ltd. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 361–367.
- Fann Instrument Company. (2013). Methylene Blue Kit Instruction Manual. *Methylene Blue Kit Instruction Manual*, 209860, 10.
- Frisilia, N. (2019). *Analisis Pengaruh Formulasi Lumpur Water Based Mud terhadap Tingkat Swelling Menggunakan LSM pada sumur X*. 1–48.
- Herianto, & Djoko, A. (2015). *Analisa Swelling Clay Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran.pdf* (B. Triwibowo, H. T. Siri, I. Widiyaningsih, & W. Raharjo (eds.); Seminar Na). Fakultas Teknologi Mineral.
- Holbeche, G., Gileks, R., & George, R. J. (2010). *Clay Mineral Assemblages in Valley Floor Soils in South-west Australia*.
- Houston. (2017). Methylene Blue Test Kit. *OFI Testing Equipment, Inc, 00*, 1–9.
- Irsyam, M. (2010). Slop Failure of An Embankment on Clay Shale at Clay Shale at Km 97+500 of The Cipularang Toll Road and The Selected Solution. *International Symposium on Geotechnical Engineering*.
- Junianto, A., Rosyidan, C., & Satiyawira, B. (2017). Perencanaan Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Air pada Sumur X Lapangan Y. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6(4), 116–124.
- Lummus J. L, & Azar. (1986). Drilling Fluids Optimization. In *Penn Well Publishing Co. Tulsa Oklahoma*.
- Permen ESDM No.045 Tahun 2006. (2006). *Permen ESDM No.045 Tahun 2006*.
- Rubiandini, R. (2010a). Deskripsi Material Clay. *Institut Teknologi Bandung MPR, Drill-014*, 1–46.
- Rubiandini, R. (2010b). Hole Problem. *Institut Teknologi Bandung-MPR, Drill-007*, 1–26.
- Rubiandini, R. (2010c). Lumpur Dasar Minyak (Oil Base Mud). *Institut Teknologi Bandung MPR, Drill-015*, 1–24.
- Sadiq R. (2004). *Risk-Based Decision-Making for Drilling Waste Discharges Using A Fuzzy Synthetic Evaluation Technique*.
- Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering. (2004). In

*Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering.*

- Suhascaryo, N., Pasaribu, H., & Herlambang, S. (2020). Strategi Pengembangan Ukm Pemanfaatan Vicoil Sebagai Kegiatan Upaya Menunjang Operasi Pemboran Migas Dan Panas Bumi. In *Percetakan Universitas Pembangunan Nasiolan "Veteran" Yogyakarta* (1st ed., Vol. 1, Issues 978-623-6797-33-4).
- Utami, D. N. (2018). Kajian Jenis Mineralogi Lempung Dan Implikasinya Dengan Gerakan Tanah. *Jurnal Alami : Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 2(2), 89. <https://doi.org/10.29122/alami.v2i2.3095>
- Wakim, J. (2005). Effect of water on the mechanical behaviour of shales. *Colloque Post-Mining*.
- Wikipedia. (n.d.-a). *Allophane*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Allophane>
- Wikipedia. (n.d.-b). *Halloysite*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Halloysite>
- Yool, A. I. ., Less, T. ., & Fried, A. (1998). Improvements to the methylene blue dye test for harmful clay in aggregates for concrete and mortar. *School of Civil Engineering, Penrhyn Road*, 28(10). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884698001148#!>
- Yukselen, & Kaya. (2008). No Suitability of the Methylene Blue Test for surface area, cation exchange capacity and swell potential determination of clayey soils. *Engineering Geology*.
- Yunita, L. (2018). Studi Komparasi Penentuan Viskositas Lumpur Pemboran Menggunakan Marsh Funnel dan Viscosimeter Berbasis Video Berbantuan Software Tracker. *Offshore*, 2. [https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal\\_OFFSHORE/article/view/348](https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_OFFSHORE/article/view/348)