

4.1.	Analisis Sampel <i>Cutting</i> .....	42
4.2.	Perencanaan Lumpur Pemboran yang akan Diujikan .....	42
4.3.	Analisis <i>Hot Rolled Dispersion Test</i> .....	46
4.4.	Analisis <i>Swelling Test</i> .....	47
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		51
5.1.	Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	51
5.2.	Hasil Analisis <i>Methylene Blue Test (MBT)</i> .....	51
5.3.	Hasil Analisis <i>Swelling Test</i> .....	52
5.4.	Hasil Analisis <i>Hot Rolled Dispersion Test</i> .....	52
5.5.	Korelasi Hasil Pengujian dan Data <i>Drilling Report</i> .....	52
5.6.	Formulasi Lumpur Pemboran Berdasarkan Pengujian.....	53
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		55
6.1.	Kesimpulan.....	55
6.2.	Saran.....	55
<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....		56
<b>LAMPIRAN</b> .....		58

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

<b>Gambar 1.1.</b>	Lokasi Penelitian.....	11
<b>Gambar 1.2.</b>	Lokasi Sumur FP-26 .....	11
<b>Gambar 1.3.</b>	Kolom Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara.....	13
<b>Gambar 2.1.</b>	Struktur Lapisan Tetrahedral dan Oktahedral .....	20
<b>Gambar 2.2.</b>	Skema Inhibisi Swelling pada Montmorillonite .....	23
<b>Gambar 2.3.</b>	Pembuatan PHPA dari Monomer.....	24
<b>Gambar 2.4.</b>	Skema Inhibisi <i>swelling</i> dan Dispersi <i>Cutting Shale</i> .....	25
<b>Gambar 2.5.</b>	<i>X-Ray Diffraction of Bragg's Law</i> .....	30
<b>Gambar 2.6.</b>	Klasifikasi <i>Brittleness Index</i> . .....	33
<b>Gambar 2.7.</b>	<i>Swelling Clay Minerals and Non-Swelling Clay Minerals</i> .....	33
<b>Gambar 3.1.</b>	Diagram Alir Penelitian .....	40
<b>Gambar 4.1.</b>	Korelasi Pengujian MBT dan XRD serta Data Litologi. ....	45

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1.</b> Klasifikasi <i>Shale</i> berdasarkan MBT.....	35
<b>Tabel 4.1.</b> Kandungan Mineral Sampel Sumur FP-26 (1850-1870 ft).....	42
<b>Tabel 4.2.</b> Kandungan <i>Clay</i> Sampel Sumur FP-26 (1850-1870 ft).....	44
<b>Tabel 4.3.</b> Hasil Analisis MBT .....	44
<b>Tabel 4.4.</b> Komposisi Lumpur yang akan Diujikan .....	46
<b>Tabel 4.5.</b> Hasil <i>Hot Rolled Dispersion Test</i> .....	47
<b>Tabel 4.6.</b> Perbandingan Pembacaan Hasil Pengujian <i>Swelling Test</i> .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A.</b> <i>Problem</i> pada Sumur FP-26 Lapangan FPB .....	58
<b>Lampiran B.</b> Data Sumur FP-26 Lapangan FPB.....	59
<b>Lampiran C.</b> Pengolahan Data.....	60
<b>Lampiran D.</b> Data Pendukung .....	64

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN		Halaman
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>	1
MBT	<i>Methylene Blue Test</i>	1
BI	<i>Brittleness Index</i>	2
HPWBM	<i>High Performance Water Base Mud</i>	22
PHPA	<i>Partially Hydrolyzed Polyacrylamide</i>	23
<b>LAMBANG</b>		
$\text{Å}$	<i>Angstrom</i>	30
$d$	<i>Interplane spacing</i>	30
$\lambda$	<i>Wavelength x-ray</i>	30
$Qz$	<i>Quartz</i>	32
$Ca$	<i>Calcite</i>	32
$Cly$	<i>Clay</i>	32

# PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Salah satu permasalahan dalam operasi pemboran adalah ketidakstabilan kondisi diameter lubang bor, dimana lubang bor dapat membesar dan bertambah kecil dari ukuran diameter *bit* yang digunakan. Usaha memelihara kestabilan lubang bor saat pemboran menembus formasi *shale*, akan dipersulit dengan adanya masalah yang ditimbulkan oleh sifat-sifat *shale* tersebut (*shale problem*), dalam hal ini terutama masalah *clay swelling* didalamnya. *Clay swelling* bersama dengan sifat-sifat *shale* yang lainnya (dispersi dan lain- lainnya) menimbulkan masalah yang bervariasi seperti *sloughing shale*, *heaving shale*, *running shale*, *gas bearing shale*, dan *pressure shale*.

Dalam operasi pemboran Sumur FP-26 Lapangan FPB, target pemboran akan melewati lapisan atau formasi *shale*, dimana pada saat melakukan pemboran menembus formasi tersebut memiliki potensi terjadinya beberapa *problem* pemboran. Hal ini tentunya akan menghambat proses pemboran itu sendiri apabila tidak direncanakan sebuah program lumpur pemboran dengan baik. Untuk mendapat perencanaan lumpur pemboran yang tepat maka harus diketahui mineralogi yang terkandung pada batuan *shale* dengan melakukan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), analisis *Methylene Blue Test* (MBT), analisis *swelling test*, analisis *hot rolled dispersion*, dan korelasi data litostratigrafi. .

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana komposisi lumpur pemboran yang efektif untuk menghadapi formasi *shale*?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan komposisi lumpur pemboran terhadap *wellbore stability* pada Sumur FP-26 Lapangan FPB?
3. Bagaimana *brittleness index* berpengaruh pada *wellbore stability* pada Sumur FP-26 Lapangan FPB?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk memberikan rekomendasi perencanaan komposisi lumpur pemboran pada sumur usulan berdasarkan karakteristik mineralogi formasi, nilai *Brittleness Index* (BI) yang berpengaruh terhadap *wellbore stability*, serta mengetahui reaktivitas sampel *cutting* ketika bereaksi dengan formulasi lumpur yang telah dirancang melalui pengujian laboratorium.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini dilakukan dengan studi laboratorium menggunakan data dan sampel hanya dari satu sumur.
2. Penelitian ini dilakukan dengan analisis mineralogi batuan dengan 3 sampel lumpur pemboran yang diformulasikan oleh penulis tanpa menentukan presentase aditif KCl yang digunakan karena tidak melakukan pengujian *swelling test* menggunakan *linear swelling meter*.
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh formulasi lumpur terhadap *rheology* lumpur pemboran, hidrolika pemboran, dan pengangkatan serbuk bor.
4. Penelitian ini tidak mempertimbangkan aspek keekonomian saat operasi pemboran.

### **1.5. Lokasi Sumur FP-26 Lapangan FPB**

Sumur FP-26 Lapangan FPB terletak di Blok Tuban di Jawa Timur cekungan Jawa Timur Utara. Kegiatan pemboran pada sumur ini dimulai pada tanggal 3 Maret 2013 hingga tanggal 18 April 2013. Dalam rangka mengidentifikasi karakteristik batuan formasi di Lapangan FPB serta meminimalkan permasalahan pemboran yang berkaitan dengan *wellbore stability*, dilakukan pengambilan *cutting* dari kedalaman 1850-1870 ft yang ditembus oleh Sumur FP-26. Sampel *cutting* tersebut kemudian dianalisis di laboratorium. Lokasi Sumur FP-26 Lapangan FPB bisa dilihat pada **Gambar 1.1.**



**Gambar 1.1.** Lokasi Sumur FP-26 Lapangan FPB

(Google Earth, 2025)

### 1.5.1. Geologi Regional Sumur FP-26

Cekungan Jawa Timur Utara merupakan bagian dari sistem cekungan Paparan Sunda bagian tenggara. Cekungan ini secara geografis terletak pada koordinat  $110^{\circ}$  -  $118^{\circ}$  Bujur Timur (BT) dan  $4^{\circ}$  -  $8^{\circ}$  Lintang Selatan (LS), dengan luas wilayah sekitar 190.300 km<sup>2</sup>. Lokasi cekungan ini mencakup sebagian besar Jawa Timur bagian utara hingga wilayah Laut Jawa.

Menurut Van Bemmelen (1949), wilayah Jawa Timur dan Madura dibagi menjadi beberapa zona fisiografi berdasarkan kesamaan morfologi dan tektoniknya, yaitu:

1. Gunung Api Kuarter

Terletak di bagian tengah Jawa Timur, memanjang sepanjang aliran Sungai Solo. Zona ini terdiri atas gunung api aktif dan produk erupsi kuarter.

2. Dataran Aluvium Jawa Utara

Menempati bagian timur, mulai dari Surabaya ke arah barat laut, serta bagian barat mulai dari Semarang ke arah timur laut. Zona ini didominasi oleh endapan aluvial muda.

3. Zona Rembang  
Memanjang arah barat-timur dari Semarang hingga Rembang bagian utara, berbentuk antiklinorium. Zona ini merupakan bagian penting dari sistem lipatan busur belakang (back-arc fold belt).
4. Zona Randublatung  
Memanjang dari Semarang bagian barat hingga Wonokromo di bagian timur, berbentuk sinklinorium. Zona ini berada di antara zona Rembang dan zona Kendeng.
5. Zona Kendeng  
Memanjang dari Semarang hingga ke ujung timur Jawa Timur bagian utara juga berbentuk antiklinorium. Zona Kendeng merupakan zona lipatan intensif yang berasosiasi dengan deformasi tektonik Neogen.
6. Zona Solo  
Terdiri atas tiga sub-zona: Sub-zona Blitar, Sub-zona Solo bagian tengah, dan Sub-zona Ngawi bagian utara. Zona ini merupakan lembah yang diisi oleh endapan kuarter.
7. Zona Pegunungan Selatan Bagian Timur  
Memanjang di sepanjang pantai selatan Jawa Timur hingga ke daerah Wonosari, terbentuk dari endapan karbonat laut dangkal serta batuan vulkanik tua.

### 1.5.2. Stratigrafi Regional

Menurut Pringgopawiro (1983), urutan stratigrafi bawah permukaan di Cekungan Jawa Timur Utara dimulai dari batuan dasar hingga formasi paling muda. Formasi-formasi tersebut merupakan hasil proses sedimentasi dalam berbagai lingkungan geologi, dari laut dangkal hingga laut dalam, serta mencerminkan sejarah tektonik dan evolusi cekungan. Untuk kolom stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara bisa dilihat pada **Gambar 1.3.** Penjelasan setiap satuan stratigrafi adalah sebagai berikut menurut Pringgopawiro (1983) :

1. Batuan Dasar  
Merupakan campuran batuan meta-sedimen yang telah mengalami deformasi dan terbentuk sebagai mélange, terpatahkan dan terangkat secara lokal. Batuan

dasar ini dipisahkan oleh tinggian mikrokontinen yang berarah barat daya–timur laut.

2. Formasi Ngimbang

Terdiri atas sedimen Pre-Ngimbang (Paleosen–Eosen Tengah) yang merupakan endapan syn-rift, terdiri dari perlapisan tipis pasir, serpih, dan batubara. Sedimen Eosen Ngimbang (Eosen Tengah–Akhir) menunjukkan endapan basement wash coastal/deltaik, diikuti oleh sekuen karbonat. Di seluruh cekungan, formasi ini mencerminkan lingkungan fluvial, deltaik, lakustrin, dan transisi.

3. Formasi Kujung

Terendapkan pada kondisi laut tinggi selama Oligosen Awal dalam lingkungan paparan dangkal yang stabil. Tersusun atas batu gamping, serpih, batupasir, sedimen konglomeratan, dan sisipan batubara. Pada Oligosen Akhir terbentuk karbonat terumbu di atas tinggian batuan dasar.

4. Formasi Prupuh

Berumur Oligosen Atas–Miosen Bawah, terdiri dari batu gamping bioklastik tebal dan keras yang kaya fosil orbitoid, berlapis dengan batugamping kapuran. Formasi ini memiliki hubungan selaras dengan Formasi Kujung di bawah dan Formasi Tuban di atasnya.

5. Formasi Tuban

Terdiri atas klastika karbonat jenis packstone-wackestone dengan fosil foraminifera besar, fragmen koral, dan algae. Diendapkan pada Miosen Awal dalam lingkungan laut dalam, dengan dominasi batulempung monoton dan sisipan batugamping.

6. Formasi Tawun

Berumur Miosen Awal–Tengah dan diendapkan dalam lingkungan laut terbuka (outer shelf). Tersusun atas batulempung pasiran, batupasir, dan batugamping dengan kandungan foraminifera orbitoid.

7. Formasi Ngrayong

Sering dianggap sebagai anggota Formasi Tawun. Bagian bawah terdiri dari batugamping orbitoid dan batulempung; bagian atas berupa batupasir dengan

sisipan batugamping. Berumur Miosen Tengah dan berfungsi sebagai reservoir utama di daerah Cepu.

8. Formasi Bulu

Diendapkan pada Miosen Tengah di lingkungan laut dangkal. Tersusun dari kalkarenit berlempeng dan napal pasiran, dengan komposisi litoklas karbonat, foraminifera, kuarsa, dan glaukonit. Umumnya tersebar di Antiklinorium Rembang Utara.

9. Formasi Wonocolo

Berumur Miosen Tengah–Akhir, terdiri dari napal dan batulempung tidak berlapis yang diendapkan dalam lingkungan paparan luar. Bagian bawah mengandung batugamping pasiran dan batupasir gampingan dalam kondisi transgresif. Ketebalan mencapai  $\pm 500$  meter.

10. Formasi Mundu

Merupakan endapan laut pada Miosen Akhir–Pliosen, berupa napal masif berwarna abu-abu muda hingga putih kekuningan, kaya akan foraminifera planktonik. Pada bagian atas ditemukan batugamping pasiran. Ketebalan mencapai 700 meter ke arah selatan.

11. Formasi Selorejo

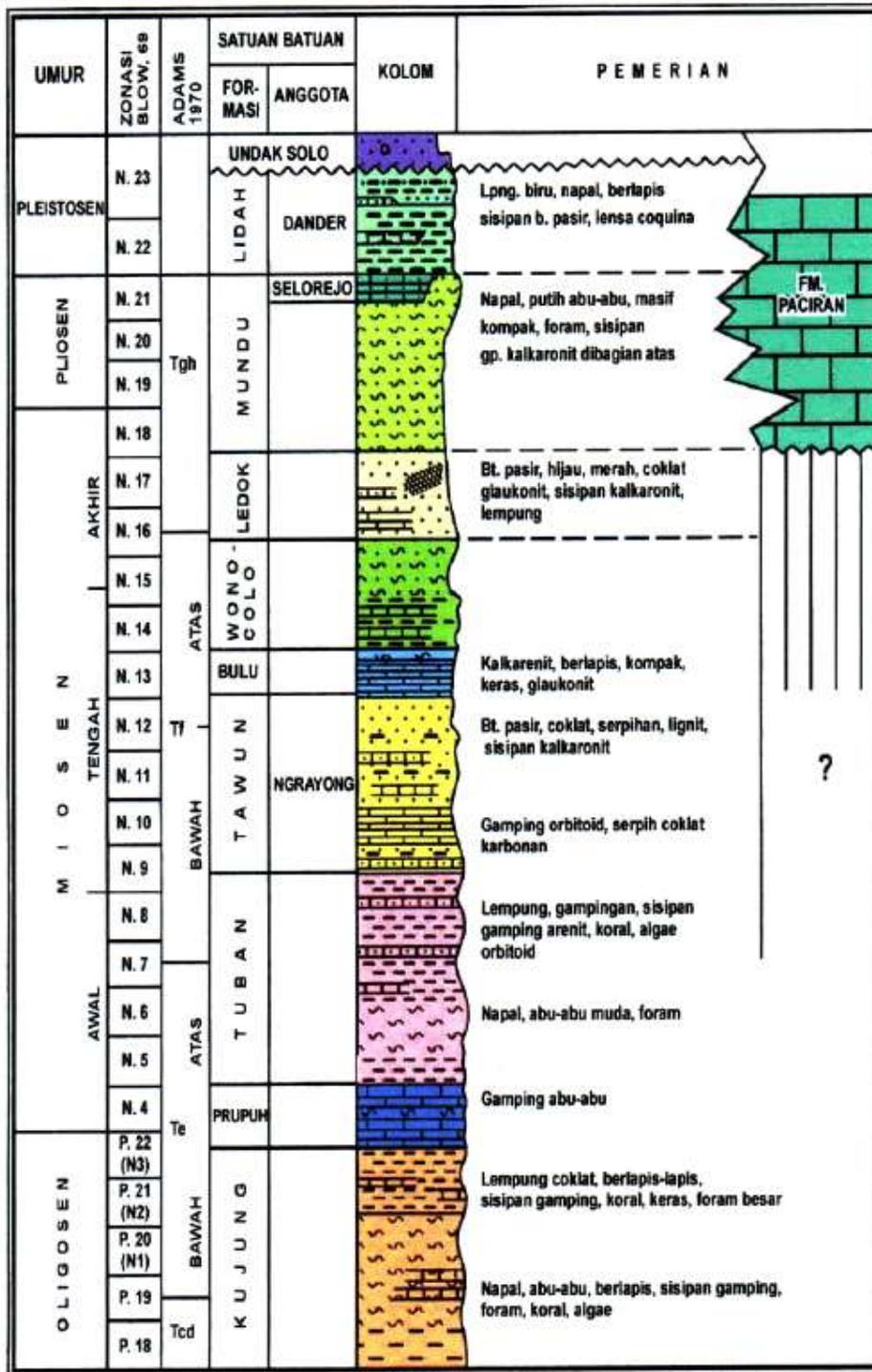
Berumur Pliosen Atas, terdiri dari grainstone atau packstone foraminiferal yang sebagian glaukonitan, berlapis dengan batu gamping napalan dan pasiran. Diendapkan dalam lingkungan laut dalam dengan ketebalan sekitar 100 meter.

12. Formasi Lidah

Berumur Pleistosen, bagian bawah endapan laut, sedangkan bagian atas endapan air tawar. Litologinya meliputi batu lempung kebiruan napal berlapis, batupasir, dan lensa grainstone/rudstone yang mengandung fosil. Mewakili lingkungan paparan tengah hingga luar.

13. Formasi Paciran

Berumur Pliosen–Awal Pleistosen, berupa batu gamping terumbu yang mengalami pelapukan dan pelarutan, sehingga membentuk tekstur chalky limestone.



Gambar 1.3. Kolom Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara (Pringgoprawiro, 1983)

### **1.6. Luaran Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran terhadap *problem* yang akan terjadi pada Sumur FP-26 untuk rekomendasi lumpur pemboran selanjutnya pada Lapangan FPB.

### **1.7. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi lumpur pemboran untuk pemboran selanjutnya di Lapangan FPB berdasarkan kemungkinan *problem* yang terjadi pada Sumur FP-26.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Formasi *shale* sering menjadi penyebab utama permasalahan dalam operasi pemboran, terutama pada sumur yang menembus zona dengan kandungan mineral lempung yang tinggi. Karakteristik *shale* yang reaktif terhadap fluida pemboran dapat memicu berbagai permasalahan seperti pembengkakan lempung (*clay swelling*), runtuhnya dinding sumur (*sloughing shale*), hingga ketidakstabilan lubang bor secara keseluruhan. Permasalahan ini umumnya terjadi akibat interaksi antara mineral lempung, terutama *smectite* dengan air yang terdapat dalam lumpur pemboran berbahan dasar air. Oleh karena itu, pemahaman terhadap sifat mineralogi dan reaktivitas *shale* sangat penting dalam perencanaan lumpur pemboran. Perancangan lumpur yang tepat akan membantu mengurangi risiko kerusakan formasi, menjaga stabilitas lubang bor, serta meningkatkan efisiensi dan keberhasilan operasi pemboran di zona *shale*.

##### **2.1.1. Batuan Shale**

Proses pemboran yang melewati lapisan *shale* menghadirkan tantangan tersendiri. Menjaga stabilitas lubang bor agar tidak terjadi keruntuhan, guguran, atau longsor menjadi suatu masalah, karena tidak ada metode yang dapat diterapkan secara universal untuk semua kondisi. Pemboran menembus formasi *shale* yang tidak kompak, sering kali terdapat masalah seperti runtuhnya dinding pemboran ke dalam lubang bor. Formasi yang runtuh dapat menyebabkan lubang bor membesar, pipa bor terjepit, penyemenan yang kurang sempurna, bertambahnya kebutuhan lumpur dan kesulitan *logging*.

*Shale* atau *shale* biasanya merupakan hasil endapan lingkungan laut, terutama terdiri dari lumpur, *silt*, dan *clay*. Bila makin dalam letaknya, karena tekanan *overburden* dan temperatur yang tinggi, endapan tersebut mengalami konsolidasi menjadi *shale (shale)*. Ditinjau dari material yang dikandungnya, *Shale* yang mengandung pasir disebut *arenaceous shale*, sedangkan yang mengandung kalsium

karbonat disebut *calcareous shale*. Jika mengandung besi, disebut *ferrogenous shale*, dan *shale* yang mengandung bahan organik disebut *carbonaceous shale*. Secara umum, *shale* adalah jenis batuan yang sebagian besar tersusun oleh mineral lempung. (Al-delfi, 2002).

#### **2.1.1.1. Komposisi Kimia Batuan Shale**

*Shale* terutama terdiri dari mineral *clay*, dengan tipe-tipe *clay* yang umum ditemukan dalam formasi hidrokarbon, seperti *montmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*. *Montmorillonite* memiliki tiga lapisan struktur, dua di antaranya adalah  $\text{Si}_4\text{O}_{10}$ , di mana ikatan  $\text{O}_2$  di dalamnya tidak dapat dipisahkan langsung. *Clay* ini memiliki tingkat *swelling* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *clay* lainnya. *Illite* memiliki pola struktur dasar yang mirip dengan *montmorillonite*, namun ion K berada di antara lapisan-lapisan tersebut. *Illite* digolongkan sebagai *clay non-swelling* meskipun sedikit menyerap air. Sementara itu, *kaolinite* terdiri dari dua lapisan struktur, yaitu  $\text{Si}_2(\text{PO})^4$  dan aluminium hidroksil, dan *kaolinite* tidak mengalami pengembangan signifikan saat terkena air.

Pada umumnya, komposisi penyusun *shale* terdiri dari sekitar 58% silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), 15% aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 3% kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), 3% kalium oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ), 1% natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), dan 5% air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Sisanya terdiri dari oksida logam dan anion, yang membentuk komposisi kimia shale.

#### **2.1.1.2. Tekstur Batuan Shale**

##### **1. Perlapisan (*Laminatos*)**

Ketebalan perlapisan shale berkisar antara 0,05 hingga 1,00 mm, dengan sebagian besar perlapisan berada dalam rentang 0,1 hingga 0,4 mm. Perlapisan ini terbentuk karena:

- a. Pertukaran dari partikel dengan unsur/butir bagus dan kasar seperti *silt* dan *clay*.
- b. Penukaran lapisan terang dan lapisan gelap yang dibedakan oleh kandungan organiknya.
- c. Pertukaran kandungan antara *calcium carbonat* dan *silt*. Pertukaran ini menyangkut berbagai material sepertinya adalah dalam kaitan dengan tingkat

kecepatan pengendapan diferensial beberapa unsur yang berbeda saat mengendap pada cekungan pengendapan.

## 2. Porositas

Porositas tanah liat yang baru saja mengalami pengendapan dapat memiliki nilai yang sangat tinggi, bahkan mencapai 50% atau lebih. Sementara itu, porositas shale cenderung lebih rendah. Meskipun tanah liat umumnya memiliki porositas sekitar 27%, rata-rata porositas shale hanya sekitar 13%.

### 2.1.1.3. Jenis - Jenis *Shale*

*Shale* umumnya terbentuk dari endapan di basin laut (*marine basin*), terutama dari lumpur, *silts*, dan *clay*. Karena sifatnya yang lunak, *shale* sering disebut *clay*. Seiring dengan bertambahnya kedalaman, akibat tekanan dan suhu tinggi, endapan ini akan mengalami perubahan bentuk (konsolidasi) dan menjadi *shale*. Proses perubahan bentuk tersebut, melalui metamorfosis, menghasilkan *slate*, *phyllite*, atau *mica schist*. *Shale* yang banyak mengandung pasir disebut *arenaceous shale*, sementara yang mengandung banyak material organik disebut *carbonaceous shale*.

Berikut adalah jenis-jenis *shale* yang ada:

#### 1. *Pressured shale*

Lapisan shale yang mengandung lensa pasir memiliki tekanan gas yang tinggi. Jika lapisan ini dibor menggunakan lumpur dengan tekanan hidrostatik yang lebih rendah dari tekanan formasi, hal ini dapat menyebabkan terjadinya longsoran (*sloughing*) dan runtuh (*caving*).

*Pressured shale* selama proses pengendapannya akan menyebabkan terendapnya *sandstone* di antara lapisan *shale* (*Montmorillonite* atau *Smectite*). Hal ini mengakibatkan penekanan lapisan *shale* oleh batuan yang terendapkan di atasnya (tekanan *overburden*). Akibatnya timbul tekanan potensial untuk mengimbangi lapisan batuan. Pada saat *shale* ditembus dalam pemboran, lapisan *shale* yang terdapat disana bertekanan relatif tinggi bahkan menyamai tekanan *overburden* yang akan mengakibatkan dinding lubang bor runtuh.

Penanggulangan terhadap *problem* ini adalah dengan menaikkan berat jenis lumpur, sehingga tekanan hidrostatiknya meningkat, dengan meningkatnya tekanan hidrostatik maka kemungkinan terjadi longsoran (*sloughing*) dan runtuh (*caving*) akan dapat dihindari.

## 2. *Bentonitic shale*

*Shale* jenis ini mengandung *clay koloidal* yang memiliki kemampuan hidrasi mirip dengan *bentonite*. Proses hidrasi ini menyebabkan *bentonitic shale* membengkak ke dalam lubang bor, yang dapat menciptakan bagian yang sempit (*tight spot*). Hal ini biasanya ditandai dengan peningkatan *torsi* dan *drag*, serta terjadinya *bit-balling*.

Untuk mengurangi hidrasi pada *bentonitic shale*, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi kehilangan air (*water loss*). Faktor lain yang mempengaruhi dalam menghadapi shale ini adalah:

- a. pH diupayakan tetap konstan, biasanya berada dalam kisaran 8,5 hingga 9,5.
- b. Berat lumpur harus cukup untuk menopang dinding lubang bor.
- c. Tingkat filtrasi air diusahakan agar tetap rendah.

## 3. *Fractured brittle shale (sloughing shale)*

*Fractured brittle shale*, atau yang sering disebut *sloughing shale*, merupakan jenis *shale* yang sangat rapuh, dengan rekahan (*fracture*) yang miring, dan tersusun oleh mineral-mineral seperti *illite* dan *chlorite*. Lapisan ini mudah runtuh ke dalam lubang bor. Apabila salinitas lumpur pemboran lebih besar daripada salinitas formasi, maka formasi akan mudah gugur ke dalam lubang pemboran. Penanggulangan *problem* pada jenis *shale* ini yakni dengan cara menurunkan *water loss* dan bila mungkin menaikkan berat jenis lumpur pemborannya sehingga tekanan hidrostatiknya juga akan naik.

### 2.1.2. Analisis Kimiawi Mineral Clay

Mineral *clay* terbentuk berdasarkan struktur ikatan atom-atom yang saling terkait. Proses ini menghasilkan dua kelompok utama mineral *clay*, yaitu:

1. *Three – layer mineral*
2. *Two – layer mineral*

Menurut Grim (1962), mineral *clay* umumnya terdiri dari dua unit struktur utama yang membentuk blok pada jaringan atomnya, yaitu:

1. *Tetrahedral Sheet* adalah struktur yang terbentuk dari ikatan atom silikon dan oksigen. Kombinasi ikatan antara satu *octahedral sheet* dan satu atau dua *tetrahedral sheet* disebut sebagai unit lapisan..