

ABSTRACT

ANALYSIS OF SHALE PROBLEM BASED ON CUTTING SAMPLE TESTING OF WELL F-26 AT FP FIELD FOR DRILLING MUD PLANNING

By

Feri Priyambudi

NIM: 113210087

(Petroleum Engineering Undergraduated Program)

The drilling operation of Well FP-26 at FPB Field, with a depth of 1850-1870 ft, passes through a shale formation that has the potential to cause several drilling problems, such as clay swelling and sloughing shale. Therefore, an analysis of the reactivity of the shale formation to water-based mud is necessary.

The analysis method used includes X-Ray Diffraction (XRD) and Methylene Blue Test (MBT). From the XRD and MBT analysis, the minerals contained in the rock sample and the Brittleness Index (BI) value of a formation layer can be determined, allowing for an understanding of the characteristics of the rock. Subsequently, several drilling mud formulations were prepared and tested using swelling tests and hot rolled dispersion tests. These tests were then correlated with data such as lithostratigraphy.

Based on the testing of the cutting samples from Well FP-26 at FPB Field, a High Performance Water Base Mud (HPWBM) formulation with KCl, PHPA, and polyamine was found to be effective in maintaining wellbore stability, with the KCl percentage at 7%, PHPA at 0.5%, and polyamine at 2%.

Keywords: Brittleness Index, Shale Problem, Wellbore Stability

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
PRAKATA	iv
RINGKASAN	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan.....	1
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Lokasi Penelitian	2
1.6. Luaran Penelitian.....	8
1.7. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
2.1. Tinjauan Pustaka	9
2.2. Landasan Teori	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1. Metode Penelitian	38
3.2. Tahapan Penelitian	38
BAB IV PENGOLAHAN DAN PENYAJIAN DATA	41

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
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		51
5.1.	Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	51
5.2.	Hasil Analisis <i>Methylene Blue Test</i> (MBT).....	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
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		55
6.1.	Kesimpulan.....	55
6.2.	Saran.....	55
DAFTAR RUJUKAN		56
LAMPIRAN		58

DAFTAR GAMBAR

Halaman

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

DAFTAR TABEL

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

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. <i>Problem</i> pada Sumur FP-26 Lapangan FPB	58
Lampiran B. Data Sumur FP-26 Lapangan FPB	59
Lampiran C. Pengolahan Data	60
Lampiran D. 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
LAMBANG		
$\text{\AA}$	<i>Angstrom</i>	30
d	<i>Interplane spacing</i>	30
λ	<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° - 118° Bujur Timur (BT) dan 4° - 8° Lintang Selatan (LS), dengan luas wilayah sekitar 190.300 km². 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 ± 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

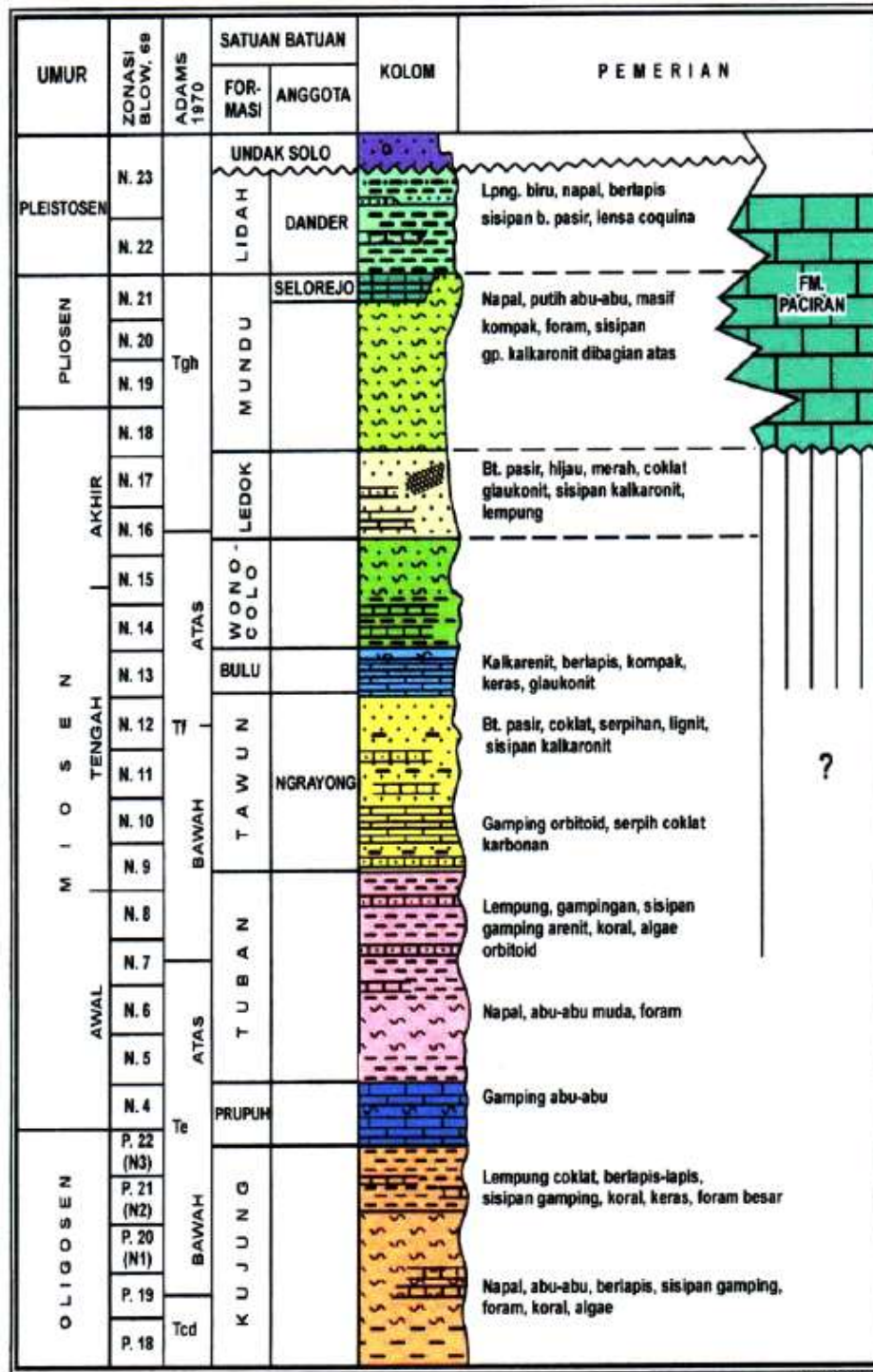
Berumur Pliosen Atas, terdiri dari grainstone atau packstone foraminiferal yang sebagian glaukonitan, berlapis dengan batu gamping napalan dan pasiran. Diendapkan dalam lingkungan laut dalam dengan ketebalan sekitar 100 meter.

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)