

Penelitian Desain Lumpur untuk Mengatasi Terjadinya Pengendapan oleh Material Lumpur maupun Formasi akibat Pengaruh Temperatur Tinggi dan Kontaminan Fluida Formasi

Oleh: Emanuella W.Y.P.¹⁾, Panca Wahyudi²⁾, dan Risnawati

Peneliti Pertama¹⁾ Pengkaji Teknologi, pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230

Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150

Teregistrasi I Tanggal 5 Maret 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal 24 Juni 2010

Disetujui terbit tanggal: 31 Agustus 2010

S A R I

Adanya tantangan untuk memperoleh produksi minyak dan gas telah memotivasi industri migas untuk melakukan pengeboran pada zona yang lebih dalam yang memiliki suhu dan tekanan jauh lebih tinggi. Kegiatan pemboran tersebut berhubungan dengan masalah-masalah yang disebabkan oleh kondisi yang kompleks di formasi karena tingginya suhu, tekanan, juga adanya kontaminasi dari fluida formasi. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan membuat suatu program fluida pengeboran yang dapat meminimalisasi masalah pengeboran di lapangan yang disebabkan oleh pemakaian fluida pengeboran yang tidak tepat pada suatu formasi.

Formulasi fluida pemboran di laboratorium dilakukan untuk memperoleh suatu formulasi yang tahan terhadap suhu, tekanan serta kontaminas, oleh karena itu pemilihan aditif merupakan suatu hal yang penting, terutama yang tahan terhadap suhu tinggi serta kompatibel satu sama lain. Lumpur diformulasikan pada berbagai berat jenis hingga 2.0 SG (16.7 lb/gal) atau lebih. Pada hasil akhir diharapkan tidak terjadi pengendapan material yang diakibatkan oleh penurunan fungsi aditif.

Penelitian ini dilakukan dengan dua jenis lumpur yaitu lumpur berbahan dasar air dan lumpur berbahan dasar minyak. Minyak sintesis yang digunakan sebagai minyak dasar pada lumpur berbahan dasar minyak diperoleh dari Shell dan PERTAMINA.

Informasi mengenai kelebihan dan kekurangan lumpur dari hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk memperbaiki desain dan fungsi dari fluida pemboran di lapangan, terutama yang akan digunakan untuk pemboran sumur dalam.

Kata Kunci: Suhu Tinggi, Tekanan Tinggi, Kontaminasi, Lumpur Berbahan Dasar Air, Lumpur Berbahan Dasar Minyak

ABSTRACT

The existence of the challenge to obtain more oil and gas production has motivated the oil and gas industry to conduct the drilling in the deeper zone which has much higher temperature and pressure. This drilling is related with the problems which are caused by the complex condition in the formation in addition to high temperature and pressure, as well from fluid contamination.. One of the efforts to overcome the problems is by making a drilling fluid program which can minimize drilling problems in the field caused by the inappropriate usage of the drilling fluid in a formation.

The formulation of the drilling fluid in the laboratory was conducted to achieve a formulation that endures to high suhu, high pressure and contamination.. Therefore the selection of the additives is necessary, especially ones that resist to high temperature, and also compatible with one another. The mud was formulated at various density values up to 2.0 SG (16.7 lb/gal) or above. The final mud was expected not to experience failure caused by material settling as a reduction of the additive functions.

This research was conducted with 2 types of mud, Water Based Mud (WBM) and Oil Based Mud (OBM) and the synthetic oil that used as base oil for Oil Base Mud was derived from foreign company – Shell and from local company - PERTAMINA.

Both the information of advantages and disadvantages of the research were expected to be useful to improve the design and function of the drilling fluid at the field, especially to be used for the deep well drilling.

Key Words: *High Temperature and High Pressure, Contamination, Water Based Mud, Oil Based Mud*

I. PENDAHULUAN

Efek dari gradien temperatur terutama pada pengeboran yang menembus suatu formasi yang dalam serta dampak yang dihasilkan oleh kontaminasi fluida formasi terhadap berlangsungnya proses pengeboran membuat suatu pengembangan sistem lumpur yang dapat mengatasi masalah kontaminasi ini menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan mengingat kompleksnya masalah yang akan ditimbulkan apabila problem sumur yang diakibatkan oleh pengendapan material lumpur ini tidak segera dicegah atau diatasi.

Kontaminasi mineral yang terdapat pada formasi dan temperatur formasi yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik dan kimia pada lumpur yang digunakan di mana perubahan sifat lumpur ini tidak diinginkan karena akan menyebabkan pengendapan material lumpur atau penurunan fungsi lumpur. Kontaminasi yang terjadi pada satu formasi akan berbeda dengan formasi yang lain oleh karena itu diperlukan jenis lumpur yang tepat untuk mengatasi masing-masing kontaminan serta mengembalikan lumpur pada *rheology* semula.

Sehubungan dengan permasalahan di atas, telah dilaksanakan suatu kajian yang bertujuan untuk menentukan formulasi lumpur yang sesuai pada pengeboran di lapangan-lapangan yang berpotensi mengalami perubahan sifat lumpur akibat temperatur tinggi dan akibat kontaminasi dari formasi itu sendiri. Hasil kajian ini diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan pengeboran yang ada saat ini.

II. MATERI DAN METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan *additive* yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari beberapa produk yang ada di pasaran yang biasa digunakan dalam operasi pemboran dan yang telah memenuhi persyaratan standar API. Pemilihan bahan didasarkan pada disain formulasi lumpur yang akan dibuat. Untuk mengoptimalkan fungsi kerja dari lumpur pemboran, disain formulasi dibuat berdasarkan pada jenis formasi yang akan ditembus, kedalaman lubang sumur yang akan dibuat, dan kondisi lubang sumur seperti temperatur dan tekanan formasi yang akan dihadapi.

Kajian ini akan dilaksanakan dengan pengujian yang dilakukan dalam skala laboratorium di laboratorium Material Pemboran PPPTMGB Lemigas. Sifat-sifat *rheology* lumpur yang akan digunakan sebagai parameter pengujian akan ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dari pembuatan formulasi lumpur yang sesuai dengan kondisi di lapangan, selanjutnya dilakukan berbagai macam pengujian yang diperlukan meliputi sifat *rheology* lumpur, parameter fisik serta kimia dari lumpur.

Dalam aplikasinya di lapangan seringkali ditemui kesulitan dalam mempertahankan kestabilan sifat lumpur akibat penurunan fungsi aditif yang disebabkan oleh suhu formasi yang tinggi, oleh karena itu pengujian sifat-sifat lumpur di laboratorium dilakukan baik pada kondisi inisial maupun setelah dikenakan pemanasan dengan putaran (dengan *rolling oven*) selama 16 jam pada suhu 350°F atau 400°F untuk melihat kestabilan dari lumpur yang dibuat.

Pengujian terhadap pembuatan formulasi lumpur minyak yang dilakukan di laboratorium, mengacu pada

standar prosedur dari API RP 13. Beberapa parameter yang diuji pada lumpur pemboran yaitu:

- Pengukuran Densitas Lumpur (WBM dan OBM)
- Pengukuran Viskositas dan *Gel Strength* (WBM dan OBM).
- Pengukuran salinitas lumpur (WBM dan OBM).
- Pengukuran ES meter (OBM).
- Pengukuran rasio minyak dan air (OBM).
- Pengukuran HTHP *Filtrate* pada Temperatur hingga 350°F 400°F (WBM dan OBM).

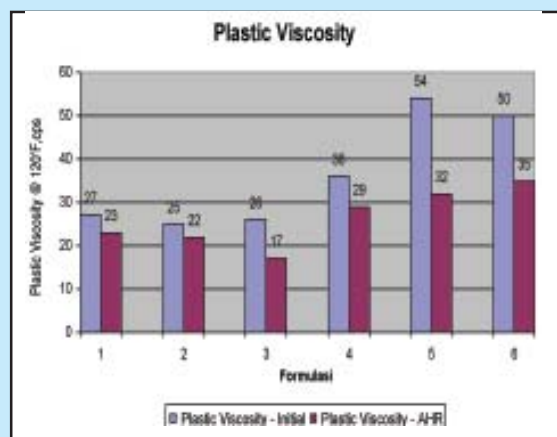
III. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan lumpur yang mampu memenuhi persyaratan sesuai dengan kondisi di lapangan yang dikehendaki, formulasi lumpur harus didesain dengan pemilihan aditif yang tepat. Dalam pelaksanaan pemboran sumur ada beberapa persyaratan yang dibuat agar lumpur tersebut berfungsi dengan baik. Persyaratan tersebut dibuat dengan mempertimbangkan kedalaman lubang bor, batuan yang akan ditembus, *cutting* yang akan dihasilkan, temperatur dan tekanan yang akan dihadapi, sehingga persyaratan tersebut berbeda-beda untuk tiap-tiap lapangan.

Semua hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan viskositas plastik dan *yield point* setelah lumpur mengalami pengkondisian selama 16 jam

dengan pemanasan pada suhu 350°F. Persyaratan mutlak yang harus dipenuhi oleh lumpur berbahan dasar air yaitu adanya nilai *yield point* yang lebih tinggi daripada nilai viskositas plastiknya. Hal ini dipersyaratkan agar lumpur memiliki daya angkat terhadap material-material lumpur itu sendiri maupun terhadap *cutting* hasil penggerusan formasi selama dilakukan pengeboran.

Hal yang paling mempengaruhi pada formulasi lumpur berbahan dasar air yang didesain



Gambar 1
Perbandingan Viskositas Plastik Inisial dan AHR
WBM 1 – WBM 6

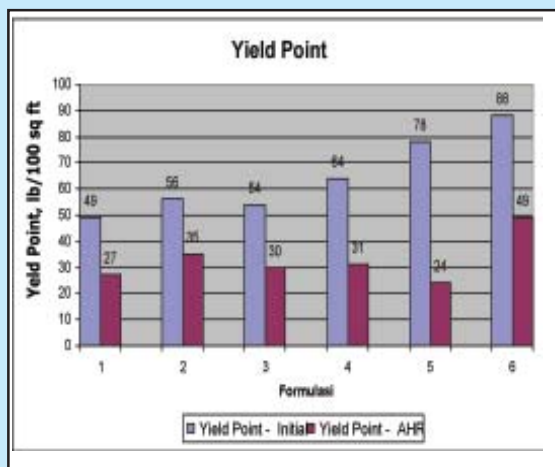
Tabel 1
Formulasi Lumpur *Water Based Mud*

No	Additive	Waktu	1	2	3	Additive	Waktu	4	5	6
		men	lb/bbl	lb/bbl	lb/bbl		men	lb/bbl	lb/bbl	lb/bbl
1	Water		259.16	259.24	259.29	Water		258.58	257.90	258.96
2	Bentonite	10	5.00	5.00	5.00	Bentonite	10	5.00	5.00	5.00
3	Viscosifier	8	2.50	2.50	2.30	Viscosifier	8	2.00	1.60	1.80
4	KCl	3	20.50	20.50	20.50	Pac-L	5	1.00	2.50	2.50
5	HT Stabilizer	1	1.00	1.00	1.00	KCl	3	20.50	20.50	20.50
6	Resinex	5	2.50	2.50	2.50	HT stabilizer	1	1.00	1.00	1.00
7	Soltex	5	10.50	10.50	10.50	Resinex	5	3.00	3.00	3.00
8	Gypsum	1	1.00	1.00	1.00	Soltex	5	10.50	10.50	10.50
9	Soda Ash	1	1.00	0.80	1.00	Gypsum	1	1.00	1.00	1.00
10	Barite	4	280.00	280.00	280.00	Soda Ash	1	1.00	1.00	1.00
11						Barite	4	280.00	280.00	275.00

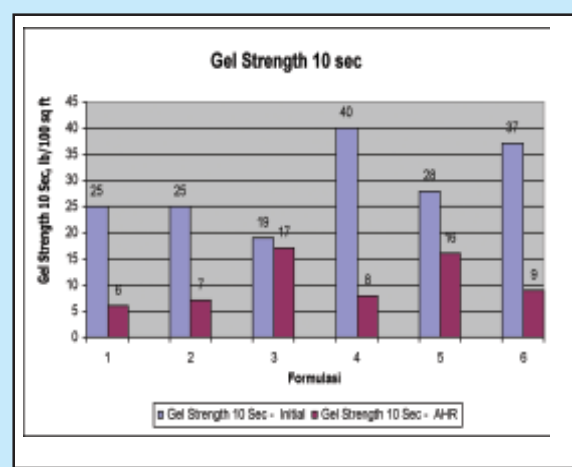
penggunaannya untuk suhu tinggi ialah pemilihan material-material lumpur yang tahan terhadap suhu tinggi, baik aditif viskosifier dan aditif pengontrol filtrat, serta adanya penambahan aditif penstabil lumpur pada suhu tinggi. Untuk lebih jelasnya, hasil pengujian lumpur berbahan dasar air pada kondisi insial dan setelah dikondisikan dengan *rolling oven* selama 16 jam dapat dilihat pada grafik berikut:

Dari hasil pengujian API *Filtrate* pada keenam formulasi di atas memperlihatkan bahwa hanya Formulasi.2 saja yang tidak memenuhi persyaratan,

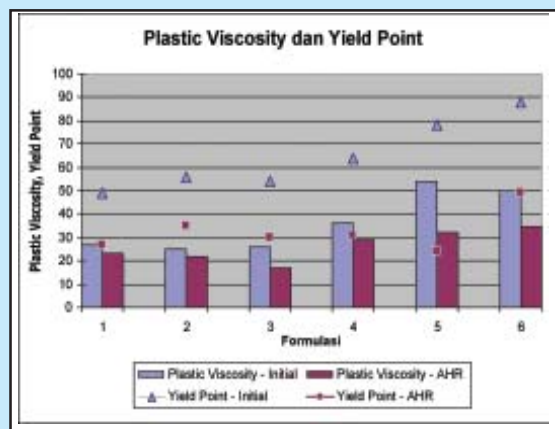
namun hanya sedikit saja volume yang melebihi dari yang dipersyaratkan. Namun pada pengujian filtrat untuk temperatur dan tekanan tinggi menggunakan alat *HHP Filtration* yang dipasang pada tekanan 500 psi memperlihatkan hanya Formulasi.6 sajalah yang memenuhi persyaratan filtrat yang lebih kecil atau sama dengan 8 cc. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan Duovis yang berfungsi sebagai viskosifier yang tahan terhadap suhu tinggi serta berfungsi untuk mengurangi *filtrate loss* akibat pembentukan ampas selama terjadinya proses filtrasi.



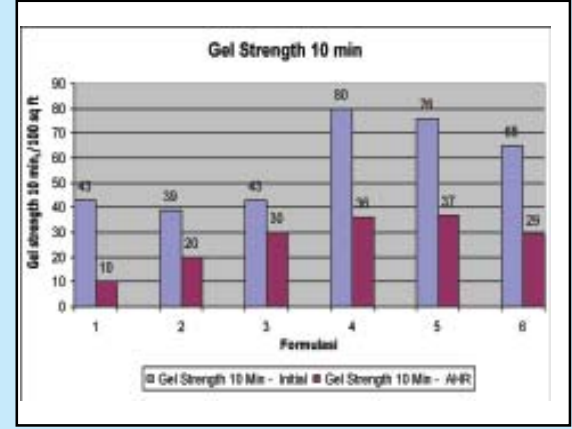
Gambar 2
Perbandingan *Yield Points* Inisial dan AHR WBM 1 – WBM 6



Gambar 4
Perbandingan *Gel Strength* 10 detik Inisial dan AHR WBM 1 – WBM 6



Gambar 3
Perbandingan Viskositas dan Plastik *Yield Point* Inisial dan AHR



Gambar 5
Perbandingan *Gel Strength* 10 menit Inisial dan AHR WBM 1–WBM 6

Yang kedua adalah pemberian PAC-L sebagai *filtration reducer* pada konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan komposisi PAC-L pada formulasi yang lain.

A. Desain Formulasi Lumpur Oil Base Mud

Untuk dapat memperkirakan karakteristik lumpur dari *base oil* yang digunakan dalam pembuatan lumpur minyak, maka perlu diketahui terlebih dahulu karakteristik fisika dan kimia dari 2 jenis *base oil* yang akan digunakan dalam formulasi lumpur. Tabel berikut memperlihatkan data sifat-sifat fisika dan kimia dari *base oil* sintetik jenis lokal dan impor (Saraline 98V).

Pengeboran di industri migas masih banyak menggunakan Saraline sebagai *base oil*, hal ini dapat dilihat dari data di atas bahwa Saraline memiliki titik nyala yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah dibandingkan *base oil* lokal, serta kadar aromatiknnya jauh lebih kecil. Namun *base oil* lokal memiliki kelebihan yaitu memiliki viskositas yang lebih tinggi sehingga diharapkan dapat mengurangi pemakaian bahan aditif viskosifier.

B. Desain Formulasi Lumpur OBM Menggunakan Synthetic Base Oil Lokal

Dengan melihat sifat fisik dan kimia dari masing-masing *base oil*, selanjutnya dibuat formulasi lumpur dengan *base oil* lokal yang dapat dilihat pada tabel berikut:

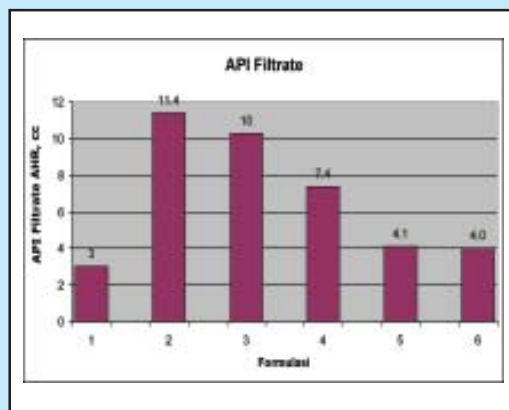
Tabel 2
Data Sifat Fisika dan Kimia *Base Oil* Lokal dan Saralin 98V

Parameter	Jenis Minyak Sintetik	
	Base Oil Lokal	Saraline 98V
Warna	Jernih	Jernih
Berat Jenis, gr/cc	0.828	0.815
Titik Nyala, °C	84.67	103
Titik Tuang, °C	19	-6
Titik Aniline, °C	98	98.6
Viskositas Kinemetis @ 40°C, cSt	6.5	3.543
Titik Didih awal, °C	270	222.5
Titik Didih Akhir, °C	375	346.5
Kadar Aromatic, % wt	1.99	0.010

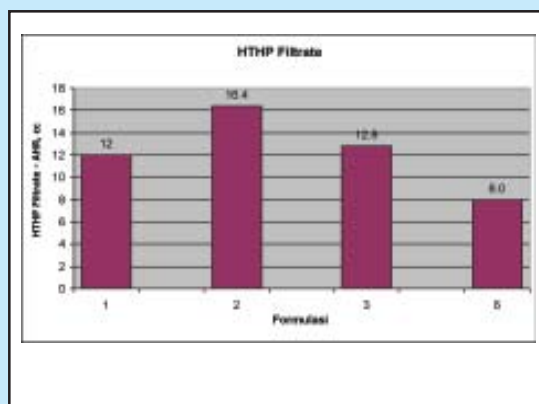
Dari hasil pengujian berbagai formulasi yang diujicobakan dapat dilakukan pembahasan sebagai berikut:

Disain formulasi lumpur dibuat untuk penggunaan sampai pada suhu pengujian 350°F. Besarnya berat jenis lumpur dipengaruhi oleh banyaknya material pemberat (*barite*) yang digunakan di mana Formulasi.1 hingga Formulasi.3 didesain untuk sg 1.6-1.7 dan hanya menggunakan satu jenis emulsifier saja (*primary emulsifier*); *Primary emulsifier* dicampurkan untuk menjaga air agar dapat teremulsi secara sempurna di dalam minyak atau *base oil*nya.

Viscosifier yang digunakan pada lumpur OBM merupakan jenis *organophilic clay* (lempung yang dilapisi amine), yaitu *clay* yang dapat terhidrasi dan



Gambar 6
Perbandingan Volume API Filtrate Inisial dan AHR WBM 1–WBM 6



Gambar 7
Perbandingan Volume HPHT Filtrate AHR WBM 1 – WBM 6

mengembang di dalam minyak maupun fluida sintetik. Selanjutnya pada formulasi digunakan lime sebagai penghasil alkalinitas yang berfungsi untuk mengaktifkan emulsifier, membantu pembentukan membran semi-permeabel, serta melindungi kestabilan properti lumpur apabila terjadi kontaminasi oleh gas CO₂ dan H₂S; Dan untuk mengimbangi aktivitas air di formasi digunakan aditif CaCl₂ sehingga sifat *inhibitive*-nya terhadap perpindahan air akan semakin besar karena salinitas yang terbentuk tinggi.

Salah satu indikator lumpur dikatakan baik yaitu apabila lumpur menghasilkan *filtrate* seminimal mungkin untuk mengurangi kerusakan formasi akibat zona invasi yang kecil. Lumpur dijaga untuk menghasilkan volume *filtrate* yang minimum dengan menggunakan beberapa aditif pengontrol *filtrate* pada berbagai variasi konsentrasi. Aditif yang dipakai pada pengujian ini terdiri dari tiga jenis aditif; Yang pertama

Tabel 3
Formulasi Lumpur Minyak Lokal
pada SG 1.6 – 1.7

No	Aditif	1	2	3
		lb/bbl	Lb/bbl	lb/bbl
1	Smooth Fluid	157.06	153.29	154.2
2	Primary Emulsifier	10.00	10.50	10.5
3	Lime	13.00	13.00	13
4	Water	48.47	47.31	47.59
5	CaCl ₂	17.00	20.00	23
6	HT Fluid Loss Control	1.00	1.00	1.4
7	Fluid Loss Control 1	4.00	6.00	4
8	Fluid Loss Control 2	10.00	10.00	5
9	Viscosifier	2.50	3.00	2
10	Barite	285.00	290.00	290.00

Tabel 4
Formulasi Lumpur Minyak Lokal pada SG e” 2.0

No	Aditif	Lokal 4	Aditif	Lokal 5	Aditif	Lokal 6
		lb/bbl		lb/bbl		lb/bbl
1	Smooth Fluid	121.65	Smooth Fluid	135.11	Smooth Fluid	157.31
2	Primary Emulsifier	12	Primary Emulsifier	12	Primary Emulsifier	10
3	Wetting Agent	10	Wetting Agent	10	Secondary Emulsifier	7
4	Lime	15	Lime	15	Lime	20
5	Water	32.97	Water	18.53	Water	38.19
6	CaCl ₂	25	CaCl ₂	25	CaCl ₂	14
7	Fluid Loss Control	8	HT Fluid Loss Control	8	HT Fluid Loss Control	8
8	Viscosifier	3	Viscosifier	2	Viscosifier	8
9	HT Viscosifier	3	Barite	480	Barite	480
10	Barite	480				

No	Aditif	Lokal 7	Lokal 8	Lokal 9
		lb/bbl	lb/bbl	lb/bbl
1	Smooth Fluid	131.15	129.61	134.98
2	Primary Emulsifier	10.00	10.00	8.85
3	Secondary Emulsifier	7.00	7.00	5.90
4	Lime	17.00	20.00	20.00
5	Water	35.54	35.12	36.58
6	CaCl ₂	15.00	15.00	15.00
7	HT Fluid Loss Control	7.00	7.00	5.90
8	Fluid Loss Control Aditif	5.00	6.00	4.00
9	Viscosifier	2.50	2.50	2.00
10	Barite	450.00	450.00	439.65

Tabel 5
Hasil Pengujian Lumpur Minyak Lokal pada SG 1.6 – 1.7

No.	MUD PROPERTIES	Persyaratan		Hasil Uji 1
		Satuan	AHR	
1	Density (SG)			1.60
2	Plastic Viscosity, cps @ 150 ⁰ F		= 24	23
3	Yield Point, lb/100 sq ft	cps	14-22	9
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	05-Des	34
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	Des-20	39
6	HTHP Filtrate (350 ⁰ F, 500 psi)	lb/100ft ²	= 8	10
7	ES Meter	cc	= 500	489
8	Excess Lime	volt	= 3	6.318
9	Oil Water Ratio		75/25-80/20	80/20
10	Water Phase Salinity (CaCl ₂ , ppm)	mg/l	= 300,000	257,353

ialah aditif pengontrol *filtrate* yang stabil pada suhu dan tekanan yang tinggi, sekaligus berfungsi sebagai pembentuk suspensi pada lumpur, berikutnya yaitu aditif pengontrol *filtrate* yang berasal dari bahan Gilsonite, jenis ini merupakan jenis yang sering digunakan di lapangan, dan variasi terakhir yang digunakan yaitu aditif pengontrol *filtrate* berbentuk *liquid* yang berasal dari bahan polimer atau glikol ether di mana kompatibel untuk dipakai baik pada *base oil* minyak sintetik maupun mineral oil.

Hasil *rheology* terbaik diperlihatkan dari pengujian lumpur formulasi.2 di mana *plastic viscosity*, *yield point*, dan *gel strength*-nya memenuhi semua spesifikasi yang dipersyaratkan. Sementara hasil hasil filtrat HTHP-nya dioptimumkan pada Formulasi ke.3 yaitu dengan cara melakukan penambahan aditif pengontrol *filtrate* yang stabil pada suhu dan tekanan tinggi serta mengurangi pemakaian dari aditif pengontrol *filtrate gilsonite*. Penurunan salinitas pada formulasi.2 hendaknya dikontrol dengan penambahan garam CaCl₂ sehingga besarnya jumlah salinitas dapat tetap terjaga dan tidak mengalami penurunan.

Hasil dari pengujian filtrat HTHP, *excess lime*, dan salinitas pada Formulasi.3 memenuhi semua spesifikasi yang dipersyaratkan, namun harga *gel strength* untuk pengukuran baik pada 10 detik maupun pada pengukuran 10 menit mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh pengurangan konsentrasi

viscosifier yang ditambahkan ke dalam lumpur. Sementara itu untuk menambah harga ES yang mewakili kestabilan lumpur harus dilakukan penambahan konsentrasi *emulsifier* serta *lime*. Oleh sebab itu perubahan konsentrasi aditif harus mempertimbangkan seluruh efek yang ikut terpengaruhi oleh adanya reaksi yang saling terkait antara properti lumpur yang satu dengan yang lainnya.

Untuk mengimbangi tekanan formasi yang besar pada pengeboran sumur dalam diperlukan tekanan hidrostatik lumpur yang besar pula. Desain lumpur dengan sg 1.9 – 2.0 dilakukan pada Formulasi 4 - Formulasi 9. Dari berbagai percobaan pengujian desain formulasi lumpur tersebut diketahui bahwa lumpur hasil desain Formulasi.4 tidak dapat diukur propertinya karena mengalami pengentalan yang sangat tinggi, begitu pula pada Formulasi.5, di mana lumpur tidak dapat diukur *rheology*-nya pada putaran 600, 300, dan 200 rpm. Namun dengan pengeliminasian beberapa aditif yaitu *oil wetting agent* dan *high temperature viscosifier* (di mana penambahan aditif tersebut dimaksudkan untuk mengurangi sifat *water wet solid* serta menjaga kestabilan *rheology* lumpur), maka kekentalan lumpur dapat dikurangi.

Terjadinya viskositas yang terlalu besar salah satunya dapat disebabkan oleh kekentalan awal dari *base oil* yang tinggi, pemakaian *emulsifier*, aditif pengontrol filtrat serta penggunaan *viscosifier* yang

Tabel 6
Hasil Pengujian Lumpur Minyak Lokal pada SG e" 2.0

NO	MUD PROPERTIES	Persyaratan		Hasil Uji 4	Hasil Uji 5	Hasil Uji 6
		Satuan				
1	Density (SG)				2.03	2.4
2	Plastic Viscosity, cps @ 150 ⁰ F	cps		K E N T A L	-	-
3	Yield Point, lb/100 sq ft	lb/100ft ²			-	-
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²			85	18
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²			85	23
6	HTHP Filtrate (350 ⁰ F, 500 psi)	cc			4	10
7	ES Meter	volt			9.0	440
8	Excess Lime	lb/bbl			4.6	0.82
9	Oil Water Ratio				87/13	81/19
10	Water Phase Salinity (CaCl ₂ , ppm)	mg/l			438,99	3,704
NO	MUD PROPERTIES	Persyaratan			Hasil Uji 7	Hasil Uji 8
		Satuan	AHR	AHR	AHR	AHR
1	Density (SG)		= 2.0	1.93	1.96	1.96
2	Plastic Viscosity, cps @ 150 ⁰ F		= 60	-	-	88
3	Yield Point, lb/100 sq ft	cps	30 - 45	-	-	66
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	Okt-24	34	47	37
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	20 - 28	39	51	44
6	HTHP Filtrate (350 ⁰ F, 500 psi)	lb/100ft ²	= 8	7.6	7.8	9
7	ES Meter	cc	= 500	856	1121	939
8	Excess Lime	volt	= 3	3.4	6.02	5.2
9	Oil Water Ratio		75/25-90/10	82/18	81/19	83/17
10	Water Phase Salinity (CaCl ₂ , ppm)	mg/l	= 300,000	279,01	265,383	280,486

berlebihan, maupun penggunaan jumlah persentase volume air yang besar. Formulasi.6 menunjukkan adanya penurunan viskositas lumpur dari kondisi inisial dengan viskositas setelah pemanasan, hal ini disebabkan karena aditif viskosifier yang dipakai sudah tidak dapat lagi menjaga kestabilan rheologi lumpur pemanasan yang tinggi, namun dengan adanya penambahan baik konsentrasi maupun jenis aditif pengontrol filtrat pada Formulasi. 7 – Formulasi.9 rheologi lumpur setelah pemanasan dapat dijaga agar tidak mengalami penurunan nilai, karena aditif pengontrol filtrat ini selain tahan terhadap suhu tinggi juga mampu menaikkan viskositas lumpur pada suhu tinggi. Penambahan aditif pengontrol filtrat selain

mengurangi volume filtrat yang dihasilkan lumpur, efeknya seperti yang disebutkan di atas, juga akan menaikkan kekentalan lumpur sehingga lumpur sukar untuk diukur rheologinya. Hal ini salah satunya dapat diatasi dengan penurunan konsentrasi viskosifier serta jumlah volume air yang digunakan. Efek yang ditimbulkan dari pengurangan konsentrasi viskosifier ialah terjadinya penurunan pembentukan ampas penghambat air filtrat, di sisi lain pemakai persentase volume air yang lebih besar sangat disarankan dalam formulasi OBM karena bertujuan untuk menaikkan titik nyala dari lumpur serta mengurangi pencemaran lumpur minyak terhadap lingkungan.

Tabel 7
Formulasi Lumpur Minyak Pemanding

No	Aditif	SAR 1	SAR 2	SAR 3	Aditif	SAR 4	SAR 6	SAR 7
		lb/bbl	lb/bbl	Lb/bbl		lb/bbl	lb/bbl	lb/bbl
1	Saraline	177.42	146.37	145.25	Saraline	145.08	154.95	157.31
2	Primary Emulsifier	6.00	7.20	7.00	Primary Emulsifier	9.00	9.00	9.00
3	Secondary Emulsifier	4.00	4.00	5.00	Secondary Emulsifier	4.00	4.00	4.00
4	Lime	15.00	15.00	17.00	Lime	17.00	12.00	10.80
5	Water	51.38	59.84	53.56	Water	56.21	41.99	41.45
6	CaCl ₂	29.94	26.70	26.13	CaCl ₂	28.60	25.00	25.00
7	HT Fluid Loss Control	1.00	1.00	1.00	HT Fluid Loss Control	2.00	5.00	2.00
8	Fluid Loss Control 1	2.00	1.00	1.00	Fluid Loss Control1	5.00	5.00	5.00
9	Fluid Loss Control 2	12.00	5.00	5.00	Viscosifier	3.00	2.00	6.00
10	Viscosifier	35.00	3.00	3.00	Barite	310.00	320	320.00
11	Barite	49.83	299.00	320.00				

No	Aditif	SAR 8	SAR 9	No	Aditif	SAR 10	SAR 11
		lb/bbl	lb/bbl			Lb/bbl	lb/bbl
1	Saraline	156.52	153.91	1	Saraline	125.52	138.04
2	Primary Emulsifier	10.50	8.85	2	Primary Emulsifier	10.00	12.00
3	Lime	13.00	13	3	Secondary Emulsifier	7.00	10.00
4	Water	48.31	47.50	4	L ime	20.00	15.00
5	CaCl ₂	23.00	22.00	5	Water	38.74	32.80
6	HT Fluid Loss Control	1.40	1.50	6	CaCl ₂	17.00	25.00
7	Fluid Loss Control 1	10.00	6.00	7	HT Fluid Loss Control	6.00	8.00
8	Fluid Loss Control 2	0.00	4.00	8	HT Viscosifier	8.00	3.00
9	Viscosifier	3.00	3.50	9	Viscosifier	2.50	3.00
10	Barite	285.00	310.00	10	Barite	450.00	480.00

Tabel 8
Hasil Pengujian Lumpur Minyak Pemanding

NO	MUD PROPERTIES	Persyaratan		SAR 1	SAR 2	SAR 3	SAR 4	SAR 6	SAR 7
		Satuan	AHR	AHR	AHR	AHR		AHR	AHR
1	Density (SG)			1.055	1.58	1.055	1.6	1.62	1.6
2	Plastic Viscosity, cps @ 150°F	cps	≤ 24	32	8	32	25	28	31
3	Yield Point, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	14-22	23	13	23	8	5	6
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	5 - 12	18	2	18	6	5	5
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	12 - 20	23	9	23	7	11	23
6	HTHP Filtrate (350°F, 500 psi)	cc	≤ 8	-	13.5	-	21	18	16
7	ES Meter	volt	≥ 500	737	340	737	407	782	906
8	Excess Lime	lb/bbl	≥ 3	0.78	5.421	0.78	5.6	3.7	3.5
9	Oil Water Ratio		75/25-80/20	80/20	76/24	80/20	77/33	78/22	80/20
10	Water Phase Salinity (CaCl ₂ , ppm)	mg/l	≥ 300,000	6,100	285,700	6,100	291,750	358,533	417,688

No	MUD PROPERTIES	Persyaratan		SAR 8	SAR 9	SAR 10	SAR 11
		Satuan	AHR	AHR	AHR	AHR	AHR
1	Density (SG)		1.6-1.7	1.53	1.62	1.93	1.94
2	Plastic Viscosity, cps @ 150°F	cps	≤ 24	33	31	69	69
3	Yield Point, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	14-22	9	13	32	33
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	05-Des	4	5	11	13
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	lb/100ft ²	Des-20	8	12	20	25
6	HTHP Filtrate (350°F, 500 psi)	cc	≤ 8	6	8.2	6.4	7.2
7	ES Meter	volt	≥ 500	448	1205	864	1018
8	Excess Lime	lb/bbl	≥ 3	3.4	4.5	6.2	4.5
9	Oil Water Ratio		75/25-80/20	78/22	77/23	81/19	82/18
10	Water Phase Salinity (CaCl ₂ , ppm)	mg/l	≥ 300,000	358,533	314,380	297,037	360,400

C. Desain Formulasi Lumpur Pemanding Menggunakan Sintetik Base Oil Saraline

Tabel berikut memperlihatkan formulasi lumpur minyak yang didesain menggunakan *base oil* Saraline 98V, di mana jenis *base oil* ini khusus dipakai untuk kondisi suhu tinggi atau di atas 300 °F.

Formulasi lumpur OBM yang diformulasikan dengan *base oil* Saraline 98V dilakukan pada densitas lumpur pada harga SG 1.00 sampai 2.00. Formulasi dilakukan dengan bahan aditif yang sama, seperti yang digunakan pada formulasi lumpur OBM dengan **base oil** lokal. Dari berbagai pengujian lumpur OBM yang dilakukan dapat diketahui bahwa lumpur minyak berbahan *base oil* Saraline mempunyai sifat *rheol-*

ogy yang berbeda dari lumpur minyak dengan bahan *base oil* lokal setelah dikenai pengondisian memakai *rolling oven* selama 16 jam yang dipanaskan pada suhu tinggi (350°F). Hasil *rheology* lumpur OBM dengan *base oil* lokal memiliki kecenderungan untuk mengalami peningkatan setelah dikondisikan di dalam oven, sedangkan *rheology* lumpur OBM Saraline cenderung turun setelah mengalami pemanasan walaupun jenis aditif yang digunakan sama. Hal tersebut dapat dilihat pada contoh formulasi.7 untuk lumpur OBM dengan *base oil* lokal yang dibandingkan dengan formulasi.10 untuk lumpur OBM dengan *base oil* Saraline. Pada formulasi lumpur OBM dengan *base oil* lokal, walaupun konsentrasi viskosifier yang

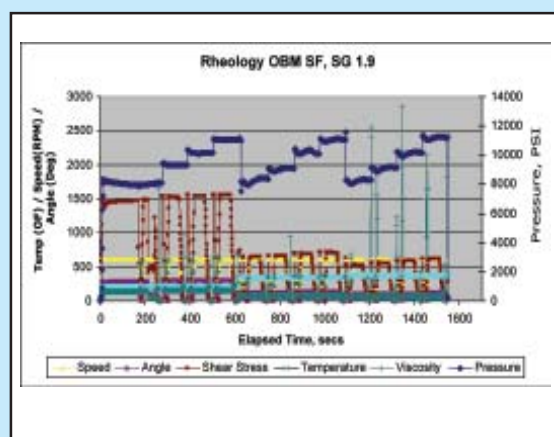
dimasukkan ke dalam formulasi OBM dengan *base oil* lokal dan formulasi OBM dengan *base oil* Saraline sama (2,5 ppb/bbl), namun harga *rheology* lumpur OBM dengan *base oil* lokal tetap jauh melebihi **rheology** lumpur OBM Saraline pada formulasi.10. Oleh karena itu desain formulasi lumpur OBM menggunakan *base oil* lokal harus memperhatikan dan mencermati pemakaian dari aditif viskosifier. Desain formulasi yang optimum ditunjukkan pada formulasi.9 untuk SG 1.6 dan desain yang paling optimum untuk SG tinggi dapat dilihat pada formulasi.10 dan 11. Pada formulasi lumpur OBM dengan *base oil* Saraline yang dibuat untuk SG tinggi diperlukan tambahan aditif viskosifier yang tahan terhadap suhu tinggi (*HT Viscosifier*), hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh kekentalan awal dari *base oil yang kecil*.

D. Pengujian Rheology Lumpur Pada Temperatur dan Tekanan Tinggi (HPHT)

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fann Automatic Viscometer Model 75*. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian efek pengaruh variasi suhu dan tekanan terhadap *rheology* lumpur, yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran pada tiap step kenaikan suhu yang divariasikan pada beberapa tekanan (8.000 – 11.000 psi). Hasil pengujian dapat dilihat seperti pada Gambar 8.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa tekanan yang dikenakan pada lumpur tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya viskositas dan *Yield Point* dari lumpur. Hal tersebut dapat dilihat

pada lampiran hasil pengujian menggunakan Fann 75 dimana variasi tekanan (8.000 psi, 9.000 psi, 10.000 psi, 11.000 psi) dikenakan pada beberapa suhu pengujian antara 200°F hingga 400°F. Penurunan nilai viskositas dan *yield point* dari lumpur lebih banyak dipengaruhi oleh perubahan suhu yang diujikan. Besarnya kenaikan viskositas dan *yield point* dari lumpur tentunya akan berpengaruh terhadap sistem hidrolika dari lumpur pemboran dan yang menyebabkan kerja pompa lumpur menjadi semakin berat. Pengaruh dari tekanan terhadap viskositas dan *yield point* lumpur hanya bersifat sementara dan sifat lumpur dapat kembali menjadi seperti semula.



Gambar 8
Pengaruh Suhu dan Tekanan terhadap *Rheology* Lumpur

Tabel 9
Kontaminasi pada *Water Based Mud*

NO	MUD PROPERTIES	Tanpa Kontaminasi	+ Rev Dust	+ Gypsum	+ Brine
		After Hot Rolling			
1	Density (SG)	1.67	1.67	1.65	1.49
2	Plastic Viscosity, cps @ 120°F	35	32	37	25
3	Yield Point, lb/100 sq ft	49	46	28	24
4	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	9	11	6	4
5	10 min gel strength, lb/100 sq ft	29	23	24	9
6	pH	9.4	9.6	8.4	9.2
7	API Filtrate	4.0	4.0	4.6	5.0

E. Pengaruh Kontaminasi Terhadap Kestabilan Sifat Fisik dan Rheologi Formulasi Lumpur

Untuk mengetahui sifat-sifat lumpur pada kondisi sebenarnya atau pada saat fluida pemboran telah mencapai formasi yang mengandung material yang dapat merubah sifat fisik maupun kimia dari fluida pemboran (kontaminan), maka pengujian lumpur disimulasikan menggunakan beberapa jenis kontaminan yang biasa ditemui di lapangan.

F. Pengaruh Kontaminasi Terhadap Kestabilan Formulasi Lumpur Berbahan Dasar Air

Jenis kontaminasi yang mempengaruhi sifat fisik dan kimia dari lumpur berbahan dasar air yang ditambahkan meliputi tiga jenis, yaitu solid yang diuji dengan Rev Dust, yaitu jenis lempung yang sedikit sekali mengalami pengembangan oleh air (karena lebih banyak mengandung mineral jenis *illite* dan *kaolinite*), kontaminasi air formasi (*brine*), serta *anhydrite* atau *gypsum*. Hasil uji pengaruh kontaminasi terhadap kestabilan lumpur dapat dilihat pada tabel berikut:

Kontaminasi solid atau padatan yang diberikan pada formulasi lumpur di atas tidak begitu mempengaruhi sifat-sifat lumpur awal, namun pemberian kontaminasi padatan pada jumlah besar akan menaikkan harga densitas dari lumpur karena terjadi penambahan berat lumpur pada volume lumpur yang tetap. Di samping itu penambahan padatan akan menaikkan pula harga dari viskositas plastik dari lumpur, yaitu hambatan lumpur untuk mengalir yang disebabkan terjadinya gesekan antarpartikel padatan di dalam lumpur. Untuk kontaminasi padatan dengan luas area yang kecil (padatan halus) akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada formasi karena terjadi penyumbatan pada pori-pori batuan di sekitar lubang sumur oleh padatan berukuran halus tersebut.

Menurut berbagai literatur, kontaminasi *gypsum* akan menyebabkan kenaikan viskositas, *yield point* dan daya agar dari lumpur, namun kelarutan *gypsum* pada lumpur juga dipengaruhi oleh pH dan suhu. Bertambahnya pH dan suhu akan menurunkan kelarutannya²⁾.

Pengujian lumpur dilakukan pada suhu tinggi 350^oF sehingga diperkirakan menurunkan kelarutan *gypsum* dan konsentrasi ion Ca di lumpur sehingga viskositas tidak mengalami kenaikan. Dua hal yang mengindikasikan adanya kontaminasi yaitu terjadinya penurunan harga pH dan kenaikan filtrat sehingga perlu dilakukan penambahan aditif pengontrol pH untuk menaikkan harga pH pada kisaran 9-10 sehingga kelurutan *gypsum* dapat ditekan.

Adanya kontaminasi *brine* akan menurunkan harga viskositas dari lumpur, hal ini diakibatkan oleh penambahan volume *liquid* pada konsentrasi padatan yang tetap sehingga sifat-sifat *rheology* yang lain mengalami penurunan akibat adanya pengenceran pada lumpur. Tingginya kontaminasi *chloride* pada lumpur akan menggagalkan fungsi *bentonite (clay)* sehingga viskositas lumpur mengalami penurunan yang signifikan, selain itu akan terjadi penggumpalan pada lumpur yang terkontaminasi. Dari indikasi tersebut maka penggunaan lumpur polimer yang akan menggantikan fungsi bentonit diharapkan dapat mengatasi kontaminasi lumpur berbahan dasar air oleh garam/air formasi (*brine*).

G. Pengaruh Kontaminasi Terhadap Kestabilan Lumpur Berbahan Dasar Minyak

Pengujian kontaminasi lumpur akan dilakukan baik pada lumpur berbahan dasar minyak yang menggunakan *base oil smooth fluid* maupun pada lumpur berbahan dasar minyak yang menggunakan *base oil saraline*. Formulasi lumpur serta hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10
Kontaminasi pada Oil Based Mud

No.	MUD PROPERTIES	Tanpa Kontaminasi	+ Rev Dust	+ Brine
		After Hot Rolling		
1	Plastic Viscosity, cps @ 150 ^o F	45	69	64
2	Yield Point, lb/100 sq ft	16	22	62
3	10 sec gel strength, lb/100 sq ft	13	6	27
4	10 min gel strength, lb/100 sq ft	24	17	43
5	HTHP Filtrate (350 ^o F, 500 psi)	8.2	(mengandung air)	(mengandung air)
6	ES Meter	888	383	294
7	Oil Water Ratio	70/30	32/68	48/52

Dari hasil pengujian kotaminasi lumpur berbahan dasar minyak menggunakan kontaminan *rev dust* yang diumpamakan sebagai padatan pengeboran/*drilled solids* menunjukkan adanya kenaikan viskositas lumpur. Nilai *Electrical Stability* yang mewakili kestabilan lumpur mengalami penurunan dan pada hasil filtrat lumpur terdapat adanya kandungan air dalam filtrat.

Kontaminasi *brine* (air formasi) pada lumpur berbahan dasar minyak juga menyebabkan terjadinya kenaikan viskositas baik pada nilai PV, YP, maupun *Gel Strength*-nya. Nilai ES serta OWR juga mengalami penurunan dan pada filtrat lumpur juga terdapat kandungan air.

Hasil formulasi lumpur belum menunjukkan adanya ketahanan lumpur dalam mengatasi kontaminasi padatan dan air formasi, namun dari indikasi perubahan sifat lumpur setelah dilakukan pengujian kontaminasi maka dapat dilakukan perbaikan pada sifat lumpur (*retreatment*) yaitu dengan menambahkan aditif *primary emulsifier* serta *lime* untuk mengubah sifat kebasahan *water-wet* dari kontaminan.

H. Pengujian Swelling

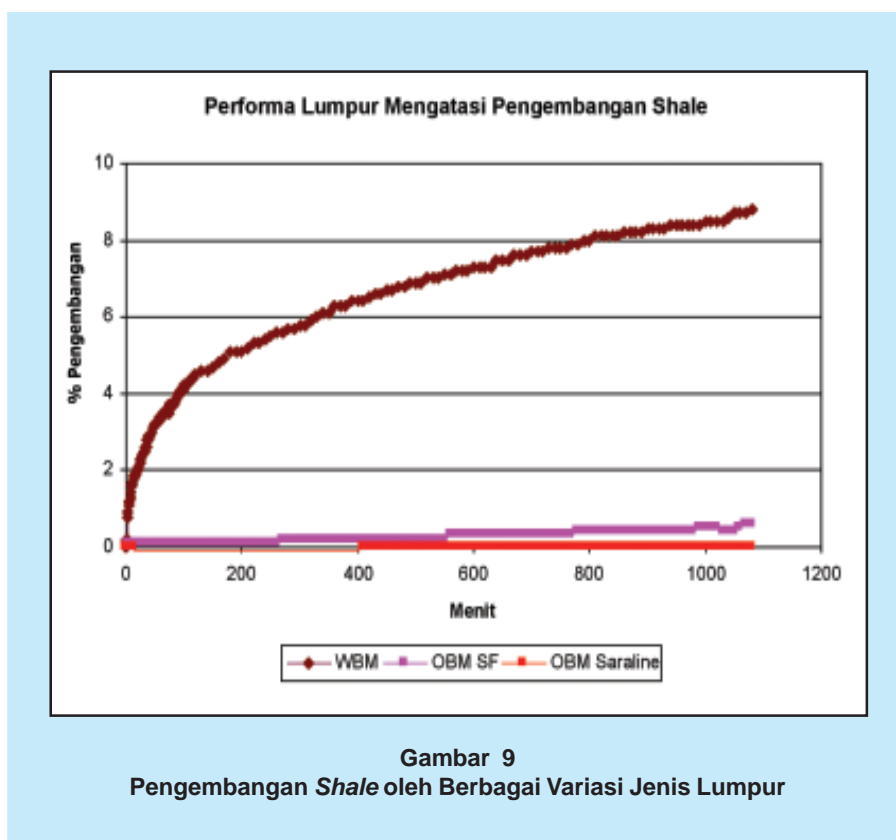
Salah satu tujuan utama penggunaan lumpur minyak dalam operasi pemboran adalah untuk dapat mengatasi permasalahan ketika pemboran menembus formasi *shale/clay* yang sangat reaktif (*smectite*). Penggunaan lumpur berbahan dasar air akan sangat berbahaya bila lapisan *shale* yang ditembus tidak dapat dikontrol oleh jenis aditif yang digunakan seperti yang diperlihatkan pada hasil pengujian menggunakan alat *swellmeter* pada Gambar 9 berikut.

IV. KESIMPULAN

Dari serangkain pengujian yang telah dilakukan dapat

ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Formulasi lumpur dengan bahan dasar air dapat digunakan pada suhu tinggi (350°F) dengan menggunakan jenis aditif yang tahan terhadap suhu tinggi namun tidak dapat digunakan untuk mengontrol *shale* reaktif.
2. Pemakaian lumpur berbahan dasar minyak dapat digunakan untuk pemakaian lumpur pada suhu dan tekanan yang tinggi di atas 400°F.
3. Temperatur memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap *rheology* lumpur berbahan dasar minyak sedangkan tekanan tidak memberikan pengaruh yang signifikan.
4. Kombinasi yang tepat antara *viscosifier* dengan aditif pengontrol filtrat multak diperlukan agar lumpur memiliki sifat pengangkatan yang baik, tidak berlebihan, serta dapat menghasilkan filtrat seminimal mungkin.
5. *Emulsifier* dan *lime* digunakan untuk mengatasi terjadinya kontaminasi padatan dan *brine* pada lumpur berbahan dasar minyak.



Gambar 9
Pengembangan *Shale* oleh Berbagai Variasi Jenis Lumpur

KEPUSTAKAAN

1. Pertamina, 2005, *Ulasan Teknis Oil Base Mud (OBM) “Manajemen Lumpur Minyak (Oil Base Mud) Penggunaan dan Penanggulangan Limbah Hasil Pemboran (Waste Management), Oil Base Mud Program Pertamina EP Cepu* : PT. Matra Unikatama, Jakarta.
2. Sadya Robani, MSc, 1984, *Diktat Teknik Kebumihan dan Energi* : Universitas Trisakti.
3. Pertamina, 2005, *Material Safety Data Sheet “Smooth Fluid-05”, Product: Oil Base Mud*.
4. Shell MSDS, 2004, *Material Safety Data Sheet “Shell Saraline 185V” Edition Blumber 3*.
5. Rubiandini Rudi R.S, Dr, Ing, Ir, 2005, *Studi Kelayakan Produk Oil Based Pertamina Direktorat Pengolahan Sebagai Lumpur Pemboran Oil Base Mud: Laporan Akhir LAPI ITB*.
6. Wahyudi Panca, dkk, 2009, *Teknik Pemboran Migas*.
7. PPPTMGB Lemigas, 2002, *Peningkatan Kualitas Lumpur Terhadap Pengaruh Temperatur dan Tekanan Tinggi*.
8. PPPTMGB Lemigas, *Teknologi Lumpur Pemboran*.
9. American Petroleum Institute, 1990, *API Recommended Practice 13B-2/ISO 10414- Prosedur Pengujian Lumpur Berbasis Minyak*.
10. American Petroleum Institute, 1990, *API Recommended Practice 13B-1 Prosedur Pengujian Lumpur Berbasis Air*.[✓]