



Uji Laboratorium: Analisis Berat Lumpur Pemboran Pada Sumur Can

Viola Sri Wahyuni^{1✉}, Muhammad Rizqie Fathan¹, Baiq Mabulinda Ulfah¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v8i4.50225

✉ Corresponding author:
[violawahyuni51@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
HPWBM;
Mud Weight;
Barite;
Lost Circulation

Lumpur pemboran memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan sumur, terutama karena setiap trayek menghadapi masalah litologi dan tekanan formasi yang berbeda. Pada trayek 36" (conductor), tantangan utamanya adalah tekanan dangkal yang berpotensi menimbulkan gas permukaan, sehingga digunakan lumpur 8,83 ppg sebagai solusi untuk menahan tekanan tersebut. Trayek 26" (top hole) menghadapi masalah swelling clay, sehingga lumpur dengan densitas 10,7 ppg dipilih agar mampu menekan pengembangan clay. Pada trayek 17 ½" (intermediate 1), masalah utama berasal dari shale reaktif yang rentan runtuh, sehingga lumpur dengan berat 10,9 ppg dirancang untuk menjaga kestabilan lubang. Pada trayek 12 ¼" (intermediate 2), adanya zona rekahan dengan tekanan tinggi memerlukan lumpur yang lebih berat, yaitu 12,9 ppg, agar tekanan formasi dapat terkontrol. Sementara itu, trayek 8 ½" (production hole) menghadapi kondisi paling kritis dengan risiko HPHT, kick, dan lost circulation, sehingga lumpur dengan densitas 14,9 ppg menjadi solusi terbaik. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh formula lumpur yang tepat di setiap trayek dengan memanfaatkan barite sebagai material pemberat utama, sehingga mud weight dapat disesuaikan dengan kebutuhan lapangan.

Abstract

Kata kunci:
HPWBM;
Mud Weight;
Barite;
Lost Circulation

Drilling mud plays an important role in maintaining well stability, especially since each trajectory faces different lithological and formation pressure issues. On the 36" (conductor) trajectory, the main challenge is shallow pressure that has the potential to cause surface gas, so 8.83 ppg mud is used as a solution to withstand this pressure. The 26" (top hole) trajectory faces swelling clay issues, so mud with a density of 10.7 ppg is selected to suppress clay expansion. In the 17 ½" (intermediate 1) trajectory, the main problem stems from reactive shale that is prone to collapse, so mud with a weight of 10.9 ppg is designed to maintain hole stability. In the 12 ¼" (intermediate 2) section, the presence of a high-pressure fracture zone required heavier mud, namely 12.9 ppg, to control formation pressure. Meanwhile, the 8 ½" (production hole) section faced the most critical conditions with the risk of HPHT,

kick, and lost circulation, so mud with a density of 14.9 ppg was the best solution. The objective of this study is to obtain the right mud formula for each track by utilizing barite as the main weighting material, so that the mud weight can be adjusted to field requirements.

1. INTRODUCTION

Pemboran minyak dan gas bumi membutuhkan lumpur pemboran sebagai salah satu komponen utama untuk menjaga kestabilan lubang bor, mengontrol tekanan formasi, serta mengangkut cutting ke permukaan. Performa lumpur sangat ditentukan oleh kesesuaian desain dengan kondisi geologi dan trayek pemboran. Jika lumpur tidak dirancang dengan tepat, risiko operasional seperti runtuhnya dinding sumur, stuck pipe, lost circulation, hingga kick dapat terjadi dan mengganggu jalannya operasi.

Di antara berbagai parameter lumpur, mud weight merupakan faktor paling kritis karena menentukan keseimbangan antara tekanan hidrostatik lumpur dengan tekanan pori dan fracture gradient. Nilai yang terlalu rendah berpotensi menyebabkan influx, sementara nilai yang terlalu tinggi dapat memicu kehilangan sirkulasi. Oleh karena itu, pengendalian mud weight harus dijaga dalam rentang aman atau safe mud window. Penyesuaian ini biasanya dicapai dengan penambahan material pemberat seperti barite, yang memiliki densitas tinggi dan stabil sehingga efektif digunakan pada berbagai kondisi pengeboran.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan pentingnya pengendalian mud weight dalam desain lumpur. Zhang & Chenevert (2011) menekankan bahwa optimasi mud weight diperlukan untuk menghindari kick maupun lost circulation pada formasi shale. Davarpanah (2018) menyatakan bahwa desain mud weight yang tepat pada kondisi HPHT dapat mengurangi risiko blowout dan kerusakan formasi. Penelitian terbaru oleh Al Jaber et al. (2023) membuktikan bahwa variasi konsentrasi barite secara langsung meningkatkan mud weight sekaligus memengaruhi sifat reologi lumpur. Temuan-temuan tersebut menjadi dasar bahwa pengendalian densitas lumpur dengan barite sangat relevan untuk menghadapi kondisi lapangan dengan litologi dan tekanan yang kompleks.

Sumur pada studi ini dirancang dengan profil J-shape, dimulai dari lubang vertikal hingga kedalaman tertentu lalu berbelok membentuk deviasi hingga 60 derajat menuju target reservoir. Profil ini dipilih untuk meningkatkan kontak dengan zona produktif, namun pada saat yang sama menimbulkan tantangan tambahan dalam rancangan lumpur pemboran karena perubahan tekanan hidrostatik dan distribusi beban fluida di sepanjang lintasan sumur.

Pemboran dilakukan melalui lima trayek utama, masing-masing dengan karakteristik litologi dan risiko yang berbeda. Pada trayek 36" dengan kedalaman hingga 160 ft, lumpur dengan berat 8.5–8.9 ppg digunakan untuk mengatasi potensi gas dangkal dan stuck pipe. Trayek top hole pada kedalaman 160–2200 ft menembus formasi clay dan coal yang berpotensi menimbulkan swelling clay dan gumbo. Untuk itu digunakan lumpur KCl polymer dengan densitas sekitar 9–10 ppg agar stabilitas lubang dapat terjaga. Trayek 17-1/2" pada kedalaman 2200–5500 ft menghadapi shale reaktif dan potensi lost circulation. Lumpur berbasis KCl polymer dengan barite sebagai aditif pengatur densitas dirancang pada kisaran 10–11 ppg. Trayek 12-1/2" pada kedalaman 5500–7700 ft semakin kompleks dengan keberadaan zona rekahan dan peningkatan tekanan formasi, sehingga lumpur HPWBM dengan sistem polyamine digunakan, dengan mud weight dipertahankan sekitar 12–13 ppg. Sementara itu, trayek 8-1/2" pada kedalaman 7600–10250 ft merupakan interval paling kritis, dengan kondisi High Pressure High Temperature (HPHT), risiko H₂S hingga 200 ppm, serta potensi kick. Pada trayek ini digunakan HPWBM dengan komposisi polyamine–KCl polymer dan barite sebagai penambah densitas, dengan mud weight yang ditargetkan sebesar 14–15 ppg.

Kondisi sumur ini menunjukkan bahwa pengendalian mud weight merupakan faktor yang paling menentukan keberhasilan pemboran. Jika lumpur yang digunakan memiliki densitas di bawah spesifikasi, maka tekanan pori formasi tidak dapat ditahan sehingga fluida formasi dapat masuk ke lubang sumur dan menimbulkan kick. Sebaliknya, jika mud weight terlalu tinggi, maka risiko lost circulation meningkat karena tekanan lumpur melebihi fracture gradient formasi. Oleh sebab itu, barite menjadi aditif kunci dalam pengaturan densitas lumpur di semua trayek. Selain itu, properti lain seperti viskositas plastis, yield point, gel strength, pH, dan filtrate juga harus tetap terjaga agar performa lumpur optimal.

Dalam perancangan lumpur untuk sumur J-shape, aspek pengendalian mud weight difokuskan sebagai variabel utama. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tekanan dan stabilitas sumur seiring perbedaan karakteristik litologi maupun tekanan formasi pada tiap trayek pengeboran. Kombinasi lumpur KCl Polymer dan HPWBM (High Performance Water Based Mud) dengan penambahan barite merupakan solusi untuk

meningkatkan kinerja pemboran secara teknis maupun ekonomis. KCl Polymer efektif sebagai shale inhibitor sederhana karena ion K^+ mampu menekan swelling clay dengan biaya lebih rendah, namun kurang optimal pada kondisi HPHT. Sementara itu, HPWBM menawarkan stabilitas lebih baik, tahan kontaminan. Dengan menggabungkan keduanya, diperoleh stabilitas lubang yang lebih maksimal, inhibisi shale yang efektif, serta pencegahan risiko operasional seperti *wellbore collapse*, *stuck pipe*, dan kehilangan sirkulasi. Penambahan barite juga memungkinkan pengaturan densitas lumpur agar sesuai dengan tekanan formasi, sehingga operasi pemboran dapat berlangsung aman, efisien.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian uji laboratorium untuk merancang dan mengevaluasi properties lumpur pemboran pada sumur dengan profil J-shape. Metodologi difokuskan pada perencanaan formula lumpur di setiap trayek, pengendalian mud weight dengan variasi aditif barite. Formula lumpur disusun dengan memanfaatkan beberapa bahan utama, yaitu

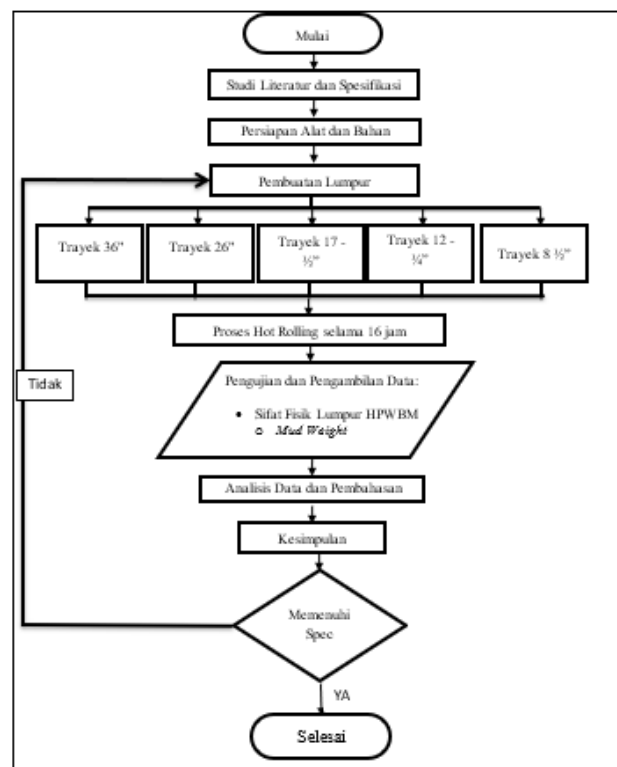
Table 1. Komposisi Lumpur

Material	Trayek 36"	Trayek 26"	Trayek 17-1/2"	Trayek 12-1/4"	Trayek 8-1/2"
	Massa(gr)	Massa(gr)	Massa(gr)	Massa(gr)	Massa(gr)
Fresh Water	339.44	299.83	282.26	254.96	220.9
Barite	24	114	110	218	321
KCL		34	26.5	26.5	26.5
CaCO ₃			10	10	10
XCD	1.3	1.85	1.35	1	4.5
Polyamine			7.91	7.91	7.91

Formulasi lumpur dilakukan dengan variasi konsentrasi barite untuk menyesuaikan mud weight pada setiap trayek. Setelah pencampuran homogen, lumpur diuji menggunakan mud balance untuk memastikan densitas sesuai spesifikasi.

Penyesuaian konsentrasi barite menjadi langkah penting karena setiap trayek memiliki tantangan geologi yang berbeda, mulai dari tekanan dangkal, coal seam, shale reaktif, hingga zona produksi dengan tekanan tinggi. Dengan menambah atau mengurangi jumlah barite, berat lumpur dapat dikendalikan agar tetap berada dalam safe mud window, yakni lebih besar dari tekanan pori tetapi tidak melebihi fracture gradient. Hal ini memastikan stabilitas lubang sumur terjaga dan risiko operasional seperti kick maupun lost circulation dapat diminimalkan.

Selain itu, evaluasi hasil laboratorium terhadap variasi konsentrasi barite juga memberikan gambaran mengenai hubungan antara peningkatan mud weight dengan sifat reologi lumpur. Perubahan densitas akibat penambahan barite dapat memengaruhi viskositas, gel strength, dan kemampuan transportasi cutting. Oleh karena itu, analisis tidak hanya berfokus pada pencapaian target mud weight, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan sifat-sifat lumpur lainnya agar desain lumpur yang dipilih benar-benar optimal untuk mendukung keberhasilan pengeboran pada setiap trayek. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan formula lumpur terbaik di setiap trayek sesuai kondisi formasi dan kebutuhan sumur.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap studi literatur dan spesifikasi untuk memperoleh dasar teori serta kebutuhan rancangan lumpur. Selanjutnya dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam formulasi lumpur. Setelah itu, dilakukan pembuatan lumpur dengan penyesuaian spesifikasi pada setiap trayek pemboran, yaitu trayek 36", 26", 17 1/2", 12 1/4", dan 8 1/2".

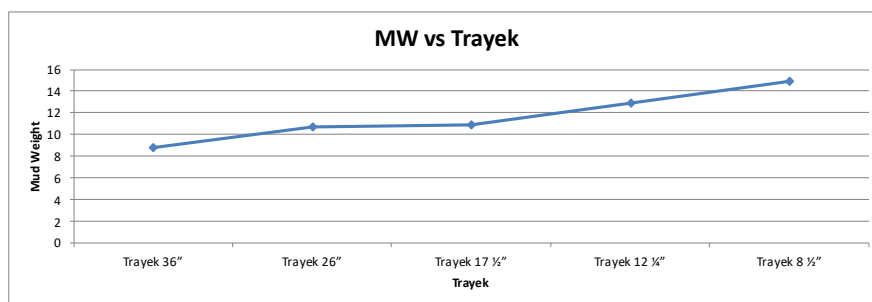
Formula lumpur yang telah disiapkan kemudian menjalani proses hot rolling selama 16 jam guna mensimulasikan kondisi sumur pada temperatur tinggi. Setelah perlakuan tersebut, dilakukan pengujian dan pengambilan data yang berfokus pada sifat fisik lumpur High-Performance Water-Based Mud (HPWBM), khususnya parameter mud weight.

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis pada tahap analisis data dan pembahasan untuk mengetahui kesesuaian formula lumpur terhadap kebutuhan tiap trayek. Penelitian ini kemudian ditutup dengan kesimpulan yang merangkum temuan utama, sebelum dinyatakan selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Table 2. Hasil Pengujian

Trayek	MUD PROPERTIES	
	MW (ppg)	
	Spec	Result
36"	8.5 - 9.0	8.83
26"	10.2 - 11.0	10.7
17 - 1/2"	10.2 - 11.0	10.9
12 - 1/4"	11.0 - 13.0	12.9
8 1/2"	14.0 - 15.0	14.9



Gambar 2. Mud Weight, Ppg

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa setiap trayek memiliki kebutuhan mud weight yang berbeda sesuai dengan kondisi litologi dan tekanan formasi yang ditembus. Pada trayek 36" dengan kedalaman hingga 160 ft, lumpur cukup dijaga pada 8,83 ppg. Nilai ini masih relatif rendah karena tekanan pori pada formasi dangkal belum terlalu besar. Pada trayek 26" (160–2200 ft), mud weight meningkat menjadi 10,7 ppg untuk menghadapi clay yang mengembang dan menjaga hole cleaning. Trayek 17-1/2 (2200–5500 ft) membutuhkan mud weight 10,9 ppg karena mulai memasuki lapisan shale reaktif dengan tekanan formasi yang lebih tinggi. Pada trayek 12-1/4 (5500–7700 ft), densitas lumpur ditingkatkan menjadi 12,9 ppg seiring adanya zona rekahan dan peningkatan tekanan pori. Sementara itu, pada trayek 8-1/2 (7600–10250 ft), kebutuhan mud weight mencapai 14,9 ppg karena sumur sudah berada pada kondisi High Pressure High Temperature (HPHT) dengan risiko kick dan kandungan H₂S yang signifikan. Dalam hal ini, barite berperan penting sebagai *weighting agent* utama untuk menaikkan densitas lumpur sesuai kebutuhan tanpa mengorbankan sifat reologi maupun filtrasi lumpur. Penambahan barite memungkinkan lumpur menahan tekanan formasi yang semakin besar, meminimalkan risiko influx fluida formasi (kick), menjaga kestabilan lubang, serta mengurangi potensi kehilangan sirkulasi pada zona rekahan, sehingga pemboran dapat berlangsung aman dan terkendali.

Fenomena meningkatnya mud weight dari trayek dangkal ke trayek dalam dapat dijelaskan oleh kondisi geologi dan tekanan formasi. Semakin dalam sebuah sumur dibor, semakin besar tekanan overburden yang berasal dari berat batuan di atasnya. Tekanan ini menambah beban pada formasi sehingga lumpur harus memiliki densitas yang lebih tinggi untuk menyeimbangkan tekanan tersebut. Jika lumpur terlalu ringan, maka fluida reservoir akan mudah masuk ke dalam lubang dan memicu kick. Sebaliknya, jika densitas lumpur terlalu tinggi, tekanan lumpur dapat melampaui fracture gradient formasi sehingga terjadi lost circulation. Oleh karena itu, rentang mud weight di setiap trayek dirancang dengan hati-hati, mempertimbangkan keseimbangan antara pore pressure dan fracture gradient.

Selain faktor tekanan, jenis litologi juga memengaruhi kebutuhan densitas lumpur. Pada interval clay, lumpur harus cukup berat untuk menahan pengaruh swelling clay namun tetap mempertahankan sifat inhibitifnya. Pada shale reaktif dan zona rekahan, lumpur yang lebih berat dibutuhkan untuk menjaga kestabilan dinding lubang. Pada interval HPHT di production hole, kebutuhan mud weight yang tinggi terutama ditujukan untuk melawan tekanan fluida reservoir yang besar serta mencegah masuknya gas berbahaya seperti H₂S.

Dengan demikian, peningkatan mud weight pada trayek yang lebih dalam bukan hanya akibat bertambahnya kedalaman, tetapi merupakan hasil kombinasi antara tekanan overburden, pore pressure, sifat litologi, dan kondisi termal yang semakin ekstrem. Variasi penggunaan barite pada setiap trayek terbukti efektif dalam mengatur densitas lumpur agar tetap berada pada jendela operasi yang aman, yaitu cukup berat untuk menahan tekanan formasi namun tidak melampaui batas fracture gradient.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan mud weight pada setiap trayek pemboran meningkat seiring bertambahnya kedalaman dan kompleksitas formasi yang ditembus. Hal ini disebabkan oleh tekanan overburden, kenaikan pore pressure, serta karakteristik litologi yang berbeda-beda di tiap interval. Barite berperan sebagai aditif utama dalam mengatur densitas lumpur sehingga mampu menyesuaikan mud weight dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

Semakin besar konsentrasi barite maupun aditif lain yang berpengaruh terhadap densitas lumpur, maka nilai mud weight yang diperoleh juga semakin tinggi. Kondisi ini memberikan keuntungan karena mud weight dapat diatur secara presisi agar tetap berada dalam jendela operasi yang aman, yaitu cukup berat untuk menahan

tekanan pori namun tidak melampaui fracture gradient. Dengan demikian, kemungkinan terjadinya problem yang terkait mud weight, baik berupa kick akibat lumpur yang terlalu ringan maupun lost circulation akibat lumpur yang terlalu berat, dapat diminimalkan.

Kesimpulan ini menegaskan bahwa pengendalian mud weight melalui variasi barite merupakan kunci keberhasilan pemboran, khususnya pada sumur can dengan profil J-shape yang memiliki tantangan litologi dan tekanan formasi yang beragam.

5. REFERENSI

- Abdullah Rizky Agusman (2023). Studi Pengaruh Kontaminasi Properti Rheology Water Based Mud di Lapangan Sunyu. Jurnal Bhara Petro Energi.
- Al Jaber, A. M., Ahmed, S. A., & Abdullah, M. A. (2023). *Impact of barite concentration on mud weight and rheological properties in drilling fluids*. Journal of Petroleum Science and Engineering
- Amin, M. Mustaghfirin. (2013). Lumpur dan Hidrolika Lumpur Pemboran. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia: Jakarta.
- Bagus Prasetya (2024). Evaluasi dan Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran pada Sumur BGS Lapangan PRY. Jurnal Eksakta Kebumihan.
- Bayu Satiawira, Cahaya Rosyidan, & Havidh Pramadika (2024). Evaluasi Hidrolika Lumpur Pemboran pada Sumur X1 Lapangan X Supaya Ekonomis. PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan.
- Buntoro, Aris. (2016). Perencanaan Lumpur Pemboran dan Solusi Masalah Secara Praktis. Pusat
- Davarpanah, A. (2018). *Evaluation of drilling mud performance under HPHT conditions: Wellbore stability and formation damage control*. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 58, 243–251.
- Rubiandini, R. (2009). Teknik Pemboran I. Institut Teknologi Bandung. Indonesia.
- Miranti, N. L., Moersidik, S. S., Priadi, C. R., & Wahyudi, P. (2023). Analisa Water Based Mud dengan Aditif Barit dan KCl Berdasarkan Analisa Toksisitas: Pengujian TCLP dan LC50-96 Jam. Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi (LPMGB), 48(3).
- Mustaghfirin, A. (2013) Lumpur dan Hidrolika Lumpur Pemboran. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Nasution, M. M., Rasyid, A., & Pahrudin, G. (2022). Desain Formulasi Lumpur Untuk Pemboran Panas Bumi Di Sumur GG-01. JURNAL BHARA PETRO ENERGI, 1(1), 11-18.
- P. Wijayanti, B. S. (2021). Determination of Suitable KCl Polymer Mud Properties for POK Field. *JOURNAL OF EARTH ENERGY SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY*.
- Rianto, E. B., & Listriyanto, L. (2024). Optimasi Hidrolika Lumpur Pemboran pada Sumur Berarah "Z" Lapangan "L" Trayek 12 ¼. Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy, 7(2), 89–95.
- Zahrn, L. (2024). Optimasi Berat Lumpur Pemboran dengan Analisis Tekanan Pori dan Gradien Rekah pada Lapangan RZZ, Cekungan Kutai, Balikpapan. Bulletin of Scientific Contribution.
- Zhang, J., & Chenevert, M. E. (2011). *Wellbore stability analysis and mud weight window for shale formations*. Journal of Petroleum Science and Engineering, 78(1), 1–7.