



Uji Laboratorium : Perencanaan *High-Performance Water-Based Mud* Untuk Mencegah *Lost Circulation* pada Trayek 17,5 inch Sumur Moon

Cindy Pebriana^{1✉}, Muhammad Rizqie Fathan¹, Baiq Maulindah Ulfah¹

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

DOI: 10.31004/jutin.v8i4.50265

✉ Corresponding author:
[cindypebrianaa@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Lost Circulation;
HPWBM;
LCM;
Rheology

Lumpur pemboran memiliki peran penting dalam operasi trayek 17 ½ inci yang sering melalui formasi shale reaktif dan zona ber-rekahan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah formulasi *High-Performance Water-Based Mud* (HPWBM) dengan KCl-Polymer dan polyamine, serta tambahan *Lost Circulation Material* (LCM) berupa CaCO₃ dan Fracseal, mampu menjaga sifat rheologi lumpur pada kondisi tersebut. Kombinasi CaCO₃ dan Fracseal terbukti efektif dalam mengurangi *lost circulation* serta mempertahankan rheologi lumpur. Hasil ini sejalan dengan penelitian terbaru yang menekankan pentingnya penggunaan material bridging dan aditif polimer dalam mengatasi permasalahan fracture rheology pada trayek intermediate. Hasil uji laboratorium menunjukkan nilai *Mud Weight* 10,9 ppg, *Plastic Viscosity* 29 cP, *Yield Point* 37 lb/100 ft², dan *Low Shear Yield Point* 12 lb/100 ft². Parameter tersebut berada pada rentang yang baik untuk mendukung pengangkatan cutting dan penutupan rekahan. Nilai gel strength 14/28 lb/100 ft² serta API Filtrat 3,8 mL/30m juga menunjukkan lumpur mampu membentuk filter cake yang rapat dan stabil.

Keywords:

Lost Circulation;
HPWBM;
LCM;
Rheology

Abstract

Drilling mud plays an important role in 17 ½ inch track operations that often pass through reactive shale formations and fractured zones. This study was conducted to determine whether the High-Performance Water-Based Mud (HPWBM) formulation with KCl-Polymer and polyamine, as well as the addition of Lost Circulation Material (LCM) in the form of CaCO₃ and Fracseal, is capable of maintaining the rheological properties of mud under these conditions. The combination of CaCO₃ and Fracseal proved effective in reducing lost circulation and maintaining mud rheology. These results are in line with recent studies emphasizing the importance of using bridging materials and polymer additives in overcoming fracture rheology problems in intermediate trajectories. Laboratory test results showed a Mud Weight of 10.9 ppg,

Plastic Viscosity of 29 cP, Yield Point of 37 lb/100 ft², and Low Shear Yield Point of 12 lb/100 ft². These parameters are within a good range to support cutting removal and fracture closure. The gel strength value of 14/28 lb/100 ft² and API Filtrate of 3.8 mL/30m also indicate that the mud is capable of forming a dense and stable filter cake.

1. PENDAHULUAN

Drilling fluid atau lumpur pemboran memegang peranan penting dalam operasi pemboran karena berfungsi sebagai media sirkulasi sekaligus sistem pendukung stabilitas sumur. Fungsi utamanya meliputi pengangkutan *cutting* ke permukaan, pendinginan dan pelumasan *drill bit*, pengendalian tekanan formasi, serta membentuk *filter cake* yang mencegah hilangnya fluida ke formasi (IADC, 2014; Darley & Gray, 1988). Apabila sifat lumpur tidak sesuai dengan kondisi formasi, berbagai masalah operasional dapat muncul, seperti *pipe sticking*, *lost circulation*, hingga *wellbore instability* yang menyebabkan waktu tidak produktif dan biaya operasi meningkat (Yang, 2022).

Salah satu aspek terpenting yang menentukan performa lumpur adalah sifat reologinya, yaitu karakteristik aliran lumpur pada berbagai laju geser (*shear rate*). Parameter seperti *Plastic Viscosity* (PV), *Yield Point* (YP), dan *Low Shear Yield Point* (LSYP) mempengaruhi kemampuan lumpur dalam mengangkat *cutting*, menahan padatan ketika sirkulasi berhenti, serta mencegah fenomena *barite sag* (Caenn et al., 2017). Oleh karena itu, formulasi lumpur yang tepat harus memperhatikan komposisi kimia, densitas, serta distribusi ukuran partikel bahan aditif.

Pada trayek 17-1/2 inci (*Intermediate 1*), formasi yang ditembus umumnya didominasi oleh *reactive shale* serta zona dengan potensi rekahan (*fractured zone*). Kondisi ini meningkatkan risiko *lost circulation*, yaitu hilangnya lumpur ke dalam formasi melalui rekahan yang dapat menurunkan tekanan hidrostatik dan memengaruhi kestabilan rheologi lumpur (Kibikas et al., 2024). Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan formulasi lumpur yang mampu memberikan inhibisi shale yang efektif sekaligus menjaga kestabilan rheologi pada tekanan dan temperatur bawah permukaan.

Salah satu pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah formulasi High-Performance Water-Based Mud (HPWBM) berbasis KCl-Polymer dengan tambahan *polyamine* sebagai *shale inhibitor*. Untuk mengantisipasi kehilangan lumpur akibat rekahan, ditambahkan *Lost Circulation Material* (LCM) berupa CaCO₃ dengan distribusi ukuran partikel tertentu serta Fracseal sebagai material berserat. Kombinasi keduanya diharapkan mampu menutup pori dan rekahan, sehingga rheologi lumpur tetap berada dalam spesifikasi yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi apakah lumpur yang diformulasikan pada trayek 17-1/2 inci memenuhi spesifikasi rheologi untuk mendukung *hole cleaning* dan *borehole stability*, serta menilai efektivitas CaCO₃ dan Fracseal dalam mengatasi pengaruh rekahan terhadap sifat rheologi lumpur.

Sejumlah penelitian sebelumnya mendukung pendekatan ini. Jaf et al. (2023) melakukan kajian komprehensif terkait fenomena *lost circulation* dan menyimpulkan bahwa CaCO₃ merupakan salah satu material yang paling umum digunakan karena kompatibel dengan lumpur berbasis air dan mudah membentuk *filter cake*. Penelitian Alhaidari dan Alarifi (2022) menunjukkan bahwa kombinasi material granular (seperti CaCO₃) dan serat (fibrous LCM) dapat meningkatkan efisiensi *plugging* pada zona rekahan. Sementara itu, Elkatatny (2020) melaporkan keberhasilan penggunaan High-Strength LCM dalam mencegah kehilangan sirkulasi total di lapangan dengan tetap mempertahankan sifat reologi lumpur sesuai spesifikasi.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa lumpur pemboran berbasis High-Performance Water-Based Mud (HPWBM) pada trayek 17 1/2 inci (*Intermediate 1*). Fokus utama penelitian ini adalah memastikan lumpur yang diformulasikan memenuhi spesifikasi *plastic viscosity* (PV), *yield point* (YP), *low shear yield point* (LSYP), dan *gel strength*, serta menilai efektivitas kombinasi CaCO₃ dan Fracseal sebagai *Lost Circulation Material* (LCM) dalam meminimalkan *lost circulation* dan menjaga stabilitas rheologi.

Formulasi lumpur disiapkan dengan menggunakan sistem KCl-Polymer dan penambahan *polyamine* sebagai *shale inhibitor*. CaCO₃ dipilih sebagai material granular dengan distribusi ukuran partikel tertentu untuk menutup pori dan mikro-fracture, sedangkan Fracseal digunakan sebagai material berserat

untuk meningkatkan kekuatan jembatan (*bridging*). Komposisi lumpur ditunjukkan pada Tabel 1. Komposisi Lumpur Trayek 17 ½.

Tabel 1. Komposisi Lumpur Trayek 17 ½

TRAYEK 17 1/2		
Bahan	Volume (ml)	Massa (g)
Air Tawar	282,26	282,26
CaCO ₃	3,85	10,00
Fracseal	6,67	6,00
Barit	26,19	110,00
Bentonit	0,50	1,25
XCD Polymer	0,84	1,35

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut. Pertama, dilakukan studi literatur untuk memahami karakteristik HPWBM, mekanisme *lost circulation*, serta penelitian terdahulu mengenai penggunaan CaCO₃ dan Fracseal dalam mengendalikan kehilangan lumpur. Langkah ini menjadi dasar untuk merancang formulasi lumpur yang sesuai dengan kondisi formasi pada trayek intermediate.

Kedua, dilakukan persiapan bahan sesuai komposisi yang tercantum pada Tabel 1, serta persiapan peralatan laboratorium seperti *mixer*, *rolling oven*, viscometer Fann 35, dan API Filter Press. Seluruh bahan ditimbang dan disiapkan agar proses pencampuran berlangsung konsisten.

Tahap berikutnya adalah pencampuran lumpur, di mana semua bahan dimasukkan ke dalam *mixing cup* secara berurutan hingga terbentuk lumpur yang homogen. Proses ini penting untuk memastikan distribusi padatan merata sehingga hasil uji rheologi akurat.

Lumpur yang telah homogen kemudian menjalani aging pada suhu 260 °F selama 16 jam menggunakan *rolling oven* untuk mensimulasikan kondisi downhole pada trayek 17 ½ inci. Proses aging bertujuan untuk melihat kestabilan lumpur setelah mengalami pengaruh panas, sebagaimana yang terjadi selama operasi pengeboran.

Setelah aging, dilakukan pengujian rheologi menggunakan viscometer Fann 35. Parameter yang diukur meliputi PV, YP, LSYP, dan Gel Strength (10 detik dan 10 menit) dengan pembacaan pada 600, 300, 200, 100, 6, dan 3 rpm. Data yang diperoleh digunakan untuk menilai kemampuan lumpur dalam *hole cleaning* dan mempertahankan *wellbore stability*.

Selain itu, dilakukan pengujian filtrasi menggunakan API Filter Press pada tekanan 100 psi selama 30 menit untuk mendapatkan data volume filtrat dan ketebalan *filter cake*. Parameter ini penting untuk menilai kemampuan lumpur dalam membentuk lapisan tipis yang rapat di dinding lubang bor dan meminimalkan *fluid loss*.

Tahap terakhir adalah analisis data, di mana hasil uji rheologi dan filtrasi dibandingkan dengan spesifikasi yang direkomendasikan untuk trayek intermediate. Evaluasi dilakukan untuk menentukan apakah kombinasi CaCO₃ dan Fracseal efektif dalam mengendalikan *lost circulation* serta menjaga sifat rheologi lumpur sesuai persyaratan lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat lumpur pada trayek 17 ½ inci yang berkaitan dengan *fracture rheology*. Parameter yang diuji meliputi *Mud Weight (MW)*, *Plastic Viscosity (PV)*, *Yield Point (YP)*, *Low Shear Yield Point (LSYP)*, *Gel Strength*, pH, *API Filtrat*, dan MBT. Data yang diperoleh digunakan untuk menilai sejauh mana lumpur mampu mempertahankan kestabilan rheologi, mengontrol tekanan hidrostatis, serta mendukung penutupan rekahan melalui peran material LCM berupa CaCO₃ dan Fracseal.

Tabel 2. Hasil Uji Rheology Trayek 17 ½

Parameter	Spec	Hasil uji
MW (ppg)	10,2 – 11,0	10,9
PV (cP)	Record	29
YP (lb/100 ft ²)	Record	37
LSYP (lb/100 ft ²)	Record	12
Gel Strength (10"/10')	Record	14/28
API Filtrat (mL/30m)	Record	3,8

Parameter	Spec	Hasil uji
pH	9,0 – 10,5	9,59
MBT (ppb)	≤ 10	1,25

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa lumpur HPWBM yang digunakan pada trayek 17 ½ inci memiliki sifat rheologi yang sesuai untuk mendukung operasi pengeboran. Nilai *mud weight* sebesar 10,9 ppg berada dalam rentang target 10,2–11,0 ppg, yang berarti tekanan hidrostatik cukup untuk mencegah *kick* namun tetap di bawah tekanan rekah formasi sehingga tidak memicu *lost circulation*. Kondisi ini penting untuk menjaga *wellbore stability* selama pemboran pada formasi yang berpotensi memiliki rekahan.

Nilai *Plastic Viscosity (PV)* sebesar 29 cP dan *Yield Point (YP)* sebesar 37 lb/100 ft² menunjukkan lumpur memiliki daya angkut *cutting* yang baik. PV yang tidak terlalu tinggi menjaga kebutuhan tekanan pompa tetap efisien, sedangkan YP yang cukup mendukung proses *hole cleaning* pada lubang berdiameter besar. *Low Shear Yield Point (LSYP)* sebesar 12 lb/100 ft² menandakan lumpur mampu mempertahankan padatan dalam suspensi saat sirkulasi berhenti, sehingga risiko pengendapan padatan dan terbentuknya *cutting bed* dapat diminimalkan.

Nilai *gel strength* 10 detik dan 10 menit (14/28 lb/100 ft²) memperlihatkan sifat tiksotropik yang stabil. Gel strength yang cukup menjaga padatan tetap tersuspensi namun tidak menimbulkan hambatan berlebihan saat memulai sirkulasi kembali, sehingga risiko *surge and swab pressure* tetap rendah.

Hasil uji filtrasi menunjukkan volume filtrat yang rendah, hanya 3,8 mL/30 menit, dengan *filter cake* tipis dan rapat. Hal ini membuktikan lumpur mampu menahan kehilangan cairan dan membentuk lapisan kedap di dinding sumur, sehingga menurunkan potensi *differential sticking* dan membantu mempertahankan *wellbore stability*.

Kombinasi CaCO₃ dan Fracseal terbukti efektif meningkatkan kemampuan lumpur dalam mengontrol kehilangan sirkulasi. CaCO₃ sebagai partikel granular membantu menutup pori dan mikrorekahan, sementara Fracseal yang berserat memperkuat struktur jembatan pada rekahan yang lebih besar. Hasil akhirnya adalah *bridging* yang lebih optimal, hilangnya volume lumpur berkurang, dan rheologi tetap stabil.

Parameter pH sebesar 9,59 dan MBT 1,25 ppb juga menunjukkan lumpur memiliki kemampuan inhibisi yang baik sehingga mampu mencegah pembengkakan shale. Stabilitas ini penting untuk mencegah perubahan rheologi yang dapat mengganggu sirkulasi dan menambah risiko operasi.

Secara keseluruhan, formulasi lumpur HPWBM yang digunakan terbukti memenuhi persyaratan rheologi dan memiliki sifat filtrasi yang baik. Formulasi ini mampu mendukung *hole cleaning*, menjaga *wellbore stability*, serta mengurangi risiko *lost circulation* pada trayek 17 ½ inci. Hasil ini mengindikasikan lumpur siap digunakan pada kondisi lapangan untuk mengurangi potensi *non-productive time (NPT)* dan memastikan keberlangsungan operasi pengeboran dengan lebih aman dan efisien.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, lumpur HPWBM dengan kombinasi KCl-Polymer, *polyamine*, serta penambahan CaCO₃ dan Fracseal terbukti efektif digunakan pada trayek 17 ½ inci. Nilai *mud weight* 10,9 ppg, *plastic viscosity* 29 cP, *yield point* 37 lb/100 ft², dan *low shear yield point* 12 lb/100 ft² berada dalam kisaran yang sesuai, sehingga mampu mengangkat *cutting* secara efektif dan membawa material *bridging* menuju zona rekahan.

Kombinasi CaCO₃ dan Fracseal berperan penting dalam menurunkan *lost circulation* melalui pembentukan *filter cake* yang rapat. Nilai *gel strength* 14/28 lb/100 ft² serta volume *API filtrat* 3,8 mL/30 menit menunjukkan lumpur stabil saat sirkulasi berhenti dan mampu mengontrol kehilangan filtrat. Stabilitas pH dan nilai MBT yang rendah juga memperlihatkan bahwa lumpur aman terhadap formasi reaktif.

Secara keseluruhan, formulasi ini telah sesuai untuk mendukung *hole cleaning*, menjaga *wellbore stability*, dan mengurangi risiko *lost circulation* selama operasi pengeboran.

5. REFERENSI

Rifki Apriandi, R., Rizkina, R., & Rangga, W. (2024). Analisis *cutting transport ratio* pada lumpur pemboran menggunakan natural polymer starch dan Drispac pada trayek 17-1/2 dengan berbagai temperatur. *Repository Karya Ilmiah Universitas Trisakti*.

- Belayneh, M., & Aadnøy, B. (2022). Bridging performances of lost circulation materials (LC-LUBE and mica) and their blending in 80/20 and 60/40 oil-based drilling fluids. *Frontiers in Physics*, 10, 1042242.
- Caenn, R., Darley, H. C. H., & Gray, G. R. (2017). *Composition and properties of drilling and completion fluids* (7th ed.). Gulf Professional Publishing.
- Darley, H. C. H., & Gray, G. R. (1988). *Composition and properties of drilling fluids* (5th ed.). Gulf Professional Publishing.
- IADC. (2014). *IADC drilling manual* (12th ed.). International Association of Drilling Contractors.
- Jaf, S., et al. (2023). A comprehensive review on lost circulation materials: Types, mechanisms, and applications in drilling operations. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 219, 111227.
- Khalid, I. (2023). Studi pemanfaatan ampas tebu sebagai lost circulation material (LCM) dan pengaruhnya terhadap sifat rheologi lumpur. *PETRO*, 6(1), 9–17.
- Kibikas, T., et al. (2024). Analysis of fracture-induced mud loss and mitigation techniques in intermediate hole sections. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 14(3), 455–466.
- Pasarrin, Y. R. (2024). LCM (Fracseal & CaCO₃) sebagai metode penanggulangan lost circulation pada lumpur pemboran: Pengaruh terhadap filtrat lumpur. *Jurnal Petrogas*, 6(1), 15–22.
- Putri, F. A., et al. (2023). Studi laboratorium analisis pengaruh LCM (Fracseal & CaCO₃) terhadap filtrat lumpur pemboran dan rheologi pada zona fracture. *Jurnal Petrogas*, 5(2), 23–31.
- Rifki, A., et al. (2022). Analisis pengaruh penambahan aditif Xanthan Gum pada lumpur pemboran terhadap rheologi lumpur pengeboran. *Jurnal Al Mikraj*, 6(2), 45–53.
- Sonia, A. (2022). Evaluasi blind drilling untuk mengatasi lost circulation pada trayek intermediate 12-1/2 sumur A-1 Lapangan K (Skripsi). Universitas Islam Riau.
- Yang, J. (2022). Drilling fluid properties and their effect on wellbore stability: A field perspective. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 104, 104633.