

STUDI LABORATORIUM EFEKTIVITAS *HOLE CLEANING* DENGAN PENGAPLIKASIAN *FOAM MUD* PADA PEMBORAN PANAS BUMI

Blessgiu A Daniel L Tobing^{1*}, Purnomosidi¹, Bambang Yudho Suranta¹, Edyson Purba², Wahyu Sutresno²

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi & Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38, Mentul, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, 58315

²Drilling & Services, Pertamina Geothermal Energy, Jl. Medan Merdeka Tim, No. 11-13 6, Gambir, Kota Jakarta Pusat, 10110

Email: tobingdaniel32@gmail.com

ABSTRAK

Saat menghadapi zona *total loss circulation* pada kegiatan pemboran panas bumi, tekanan hidrostatik akan lebih besar daripada tekanan formasi sehingga *cutting* tidak bisa terangkat ke permukaan yang akan menyebabkan terjadinya potensi masalah seperti *stuck pipe*. Pada trayek 12,25 umumnya diterapkan metode *aerated drilling* dimana metode pemboran dengan mencampurkan udara ke dalam base mud agar tekanan hidrostatik lumpur dapat lebih kecil dari tekanan formasi. Keberhasilan *aerated drilling* juga dipengaruhi oleh penerapan foam sebagai suspensi dalam meningkatkan *hole cleaning* di trayek 12,25. Penelitian ini akan membahas efektivitas foam pada *aerated mud* ketika menghadapi zona di trayek 12,25. Untuk mencapai *hole cleaning* yang efektif, *foam mud* dengan VIS 70 sec/quart direkomendasikan dikarenakan seiring naiknya viskositas, maka densitas lumpur akan semakin ringan dimana *cutting* akan lebih mudah untuk tersirkulasi secara leluasa. Namun, untuk mencapai *cutting suspension* yang optimal, *foam mud* dengan VIS 30 sec/qt telah terbukti secara uji lab dalam mengontrol *cutting* agar tidak serta merta turun di *bottom hole* akibat peningkatan foam yang signifikan seiring menurunnya level viskositas.

Kata Kunci: *Foam, Suspension, Hole Cleaning, Hi-Vis*

1. PENDAHULUAN

Sistem panas bumi umumnya dihasilkan dari sistem hidrotermal, yang merupakan sumber utama energi panas bumi. Dalam pengembangan panas bumi, kegiatan pemboran merupakan salah satu aspek utama dalam menentukan keberhasilan eksplorasi dan pengembangan lapangan panas bumi [1]. Salah satu perbedaan antara pemboran migas dan panas bumi adalah ketika saat mencapai trayek 12,25 dimana zona tersebut dikategorikan sebagai zona reservoir. *Fresh water* atau *water polymer* biasanya digunakan sebagai *base fluid* pada lumpur pemboran di trayek 12,25. Namun, berdasarkan *best practice* pada pemboran sumur panas bumi, *water polymer* lebih efektif sebagai *base fluid* dikarenakan sifat *properties water polymer* yang lebih baik dalam menembus zona *loss circulation*. Akan tetapi, *water polymer* tidak selalu dapat menyelesaikan permasalahan dalam optimisasi *hole cleaning* pada sumur panas bumi. Beberapa penelitian merekomendasikan bahwa *aerated/ foam drilling* dapat memberikan *hole cleaning* yang optimal pada zona reservoir di sumur panas bumi.

Hole cleaning merupakan salah satu aspek yang krusial dalam menentukan keberhasilan suatu operasi pemboran panas bumi [2]. Beberapa masalah dapat terjadi akibat *hole cleaning* yang tidak efektif yang dapat menyebabkan tidak tersirkulasikannya *cutting* dengan baik sehingga mengakibatkan terjepitnya pipa pemboran di dalam sumur / *stuck pipe*. Terjepitnya pipa pemboran merupakan masalah dimana komponen tersebut tidak dapat berotasi maupun diangkat akibat menumpuknya *cutting* di formasi [3]. Sebagai akibat dari *stuck pipe*, operasi

pemboran harus dihentikan sementara, dan perlu tambahan biaya untuk melakukan *fishing job* atau pengambilan komponen *bottom hole assembly* yang terjebak di dalam sumur.

Dalam mencapai *hole cleaning* yang maksimal, lumpur pemboran yang digunakan harus memiliki kemampuan dalam mensirkulasikan *cutting* secara efektif hingga ke permukaan. Parameter yang perlu diperhatikan adalah *yield point* dimana semakin tinggi nilai *yield point*, maka kemampuan lumpur dalam mensirkulasikan *cutting* semakin baik [4]. Tidak hanya itu, viskositas juga berperan dalam performa lumpur mensirkulasikan *cutting*. Pada penelitian ini akan diuji beberapa tingkat viskositas mulai dari VIS 30, 40, 70 hingga 220 sec/qt. VIS 70 sec/qt umumnya digunakan pada lapangan panasbumi, sedangkan VIS 220 sec/qt dikategorikan sebagai *high-viscosity (hi-vis) mud*, dimana *hi-vis* digunakan pada zona *loss circulation*.

Pada operasi pemboran panas bumi secara umum, lumpur pemboran yang digunakan selalu mengandung *solid*, yang disebabkan adanya kandungan *bentonite* sebagai *viscosifier* [5]. Namun, saat pemboran masuk di zona *loss circulation*, *water polymer* perlu digunakan dalam mengatasi hilangnya sirkulasi pada saat pemboran. Akan tetapi, beberapa kasus pemboran di geothermal seringkali mengalami *total loss circulation (TLC)* pada trayek awal yang diakibatkan oleh rendahnya tekanan formasi dibandingkan dengan tekanan hidrostatik lumpur pemboran [6]. Oleh karena itu, lumpur yang memiliki densitas lebih rendah sangat direkomendasikan dalam menghadapi tekanan formasi yang abnormal dalam mengatasi hilangnya sirkulasi.

Underbalanced drilling merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam menghadapi tekanan formasi yang relatif rendah daripada tekanan lumpur [7]. Metode ini juga sering digunakan dalam mencegah terjadinya kerusakan formasi akibat adanya densitas lumpur yang lebih tinggi daripada tekanan formasi [8]. Namun, pada kenyataan di lapangan, *underbalanced drilling* lebih sering digunakan untuk meningkatkan efektivitas pemboran di sumur panas bumi dengan lumpur pemboran yang memiliki densitas lebih ringan atau lebih dikenal dengan *aerated/ foam drilling*. *Foam drilling* merupakan salah satu metode dalam teknik pemboran dengan menggunakan lumpur berbasis iyang diterapkan pada pemboran sumur di zona *loss circulation* [9]. *Foam* dapat meningkatkan penangkatan *cutting* yang lebih baik dibandingkan dengan *water polymer* [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *foam* serta pengaruh level viskositas lumpur dalam meningkatkan *hole cleaning* di trayek 12,25 dalam mencegah terjadinya *stuck pipe* dalam skala laboratorium.

2. METODE

Penelitian ini mencakup metodologi yang komprehensif yang terdiri dimulai dari tinjauan pustaka, pengumpulan data, dan analisis uji laboratorium. Tujuan utamanya adalah dalam menentukan *foam mud* yang optimal dalam meningkatkan efektivitas *hole cleaning*. Diagram alur penelitian ini terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Aditif pada Sampel Lumpur

Type	Special Additives
A	1% Foam + 0,5% Corrosion Inhibitor
B	0,5% Corrosion Inhibitor

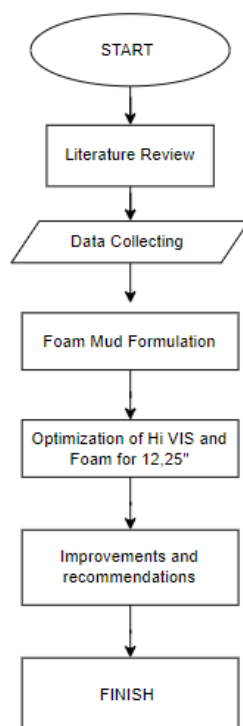
Dua kombinasi dari aditif yang digunakan pada sampel lumpur yaitu tipe A yang terdiri dari 1% *foam* dan 0,5% *corrosion inhibitor*; sedangkan tipe B terdiri dari 0,5% *corrosion inhibitor*. Kombinasi dari dua formula ini akan diuji pada sampel lumpur dalam skala laboratorium dengan berbagai level viskositas dan temperatur untuk membuat *foam drilling fluids* seperti dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Level Viskositas dan Temperatur Acuan

Type	Mud Sample	Temperatur			Funnel Viscosity (sec/qt)
		30°C	50°C	82,2°C	
F1	VIS 30	√	√	√	29,28
F2	VIS 45	√	√	√	45,23
F3	VIS 70	√	√	√	70,01
F4	VIS 220	X	x	√	219,4

Penelitian ini didasarkan pada uji laboratorium di mana dua formula A dan B diuji dalam *water polymer base* untuk membuat *foam mud* yang optimal dalam mensirkulasikan *cutting*. Formula lumpur akan diuji pada berbagai temperatur yang berkisar dari 30°C, 50°C, dan 82,2°C dan viskositas yang berkisar dari 30, 45, 70 hingga 220. Untuk VIS 220 sec/qt hanya dilakukan pada percobaan di temperature 82,2 °C dikarenakan ditemukan tren yang sama pada saat di temperatur 30°C dan 50°C, serta acuan pengukuran viskositas hanya berfokus di VIS 70 sec/qt dimana level viskositas tersebut yang umum digunakan di lapangan panas bumi.

Properties sampel lumpur serta hasil pengujian formula lumpur dianalisis secara komprehensif. Dalam mengatasi efek *hole cleaning* yang buruk dikarenakan *water polymer based* tidak efektif mengatasi tekanan formasi yang rendah, maka reologi lumpur dioptimasi dengan meningkatkan viskositas serta *foam* untuk menciptakan reologi yang optimal dalam proses *hole cleaning* di zona reservoir.

**Gambar 1. Diagram Alur Penelitian**

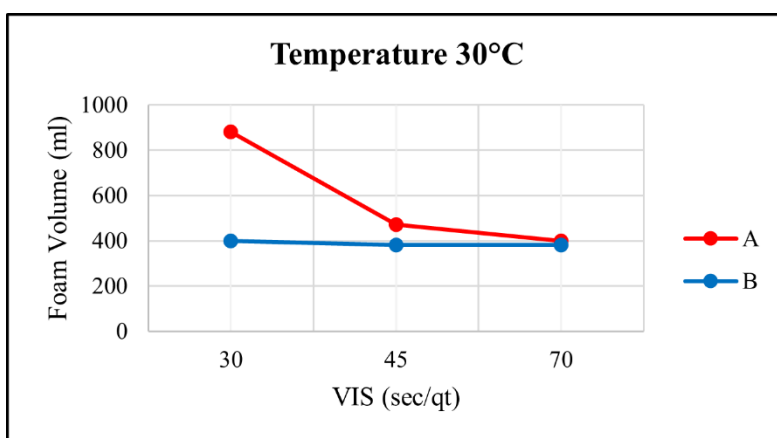
Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian. Penelitian yang merupakan skala laboratorium dimulai dari studi literatur mengenai *rheology* lumpur pemboran, masalah dalam pemboran panas bumi beserta *aerated mud* dalam pemboran panas bumi. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data melalui uji laboratorium dimana didapatkan data *properties* lumpur dalam

berbagai level viskositas serta temperatur. Selanjutnya dilakukan optimisasi berdasarkan analisa teknikal dan *best practice* di lapangan, sehingga didapatkan rekomendasi beserta kesimpulan yang merupakan tujuan akhir dari penelitian ini.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Pada pemboran *geothermal*, saat memasuki zona *total loss circulation (TLC)*, *blind drilling* akan dilakukan menggunakan air, dimana tekanan hidrostatik akan lebih besar dibanding dengan tekanan formasi, sehingga *cutting* tidak bisa terangkat ke permukaan, sehingga akan menyebabkan masalah seperti *stuck pipe*. *Aerated drilling* pada umumnya digunakan dimana teknik ini menggunakan fluida aerasi yaitu mencampurkan udara ke dalam lumpur dasar agar tekanan hidrostatik lumpur di lubang bor dapat berkurang sehingga kondisi *balance* atau *slightly underbalance* dapat tercapai.

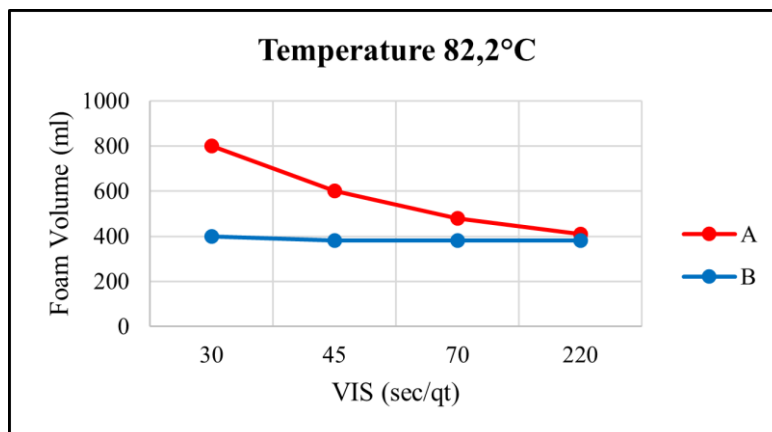
Keberhasilan pemboran *aerated* juga dibantu dengan penggunaan *foam* sebagai suspensi terhadap *cutting* yang melayang di *annulus*, sehingga *cutting* tidak akan secara langsung turun dan *settling* di *bottom hole* pada saat koneksi BHA. Begitu juga digunakan *corrosion inhibitor* untuk melindungi pipa/tubular di *bottom hole* terhadap korosi. Hasil dari penelitian ini menjabarkan pengujian *foam mud* terhadap kondisi temperatur yang bervariasi mulai dari 30°C (*before hot-rolling*) dan 82,2°C (*after hot-rolling*). Viskositas dan kemampuan *foam* merupakan parameter yang penting dalam mengukur kemampuan lumpur mensirkulasikan *cutting*. Kemampuan lumpur pemboran dalam sirkulasi *cutting* dapat ditingkatkan dengan penambahan HI-VIS yang berkolerasi positif dengan kemampuan tersebut. PAC HI-VIS memiliki biaya rendah dengan adaptabilitas yang kuat, serta umum digunakan sebagai *viscosity enhancer* dalam lumpur pemboran. Parameter nilai viskositas yang akan dibandingkan yaitu VIS 70 sec/qt dan VIS 220 sec/qt dikarenakan pada umumnya VIS 70 sec/qt yang umum digunakan pada trayek 12,25, dan VIS 220 sec/qt digunakan jika *loss circulation* ditemukan.



Gambar 2. Perbandingan Volume Foam terhadap Viskositas @BHR

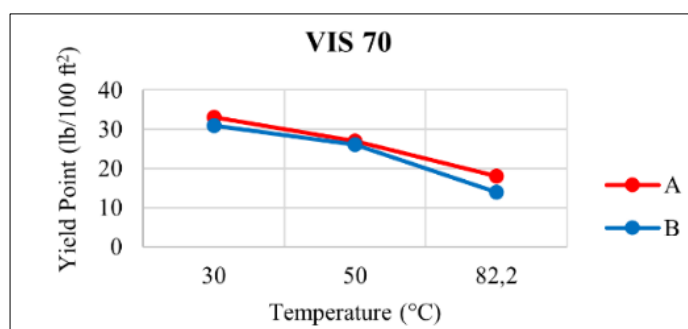
Pada gambar 2 yang merepresntasikan perbandingan volume *foam* terhadap viskositas, diuji dua formula *aerated mud* dimana formula A terdiri dari 1% *foam* dan 0,5% *corrosion inhibitor*, sedangkan formula B terdiri dari 0,5% *corrosion inhibitor*. Pada temperatur 82,2°C, formula A yang memiliki VIS 45 sec/qt menunjukkan level volume *foam* tertinggi dengan nilai 600 ml. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 yang merepresentasikan perbandingan volume *foam* terhadap viskositas pada temperatur 82,2°C. Sedangkan untuk VIS 70 sec/qt, level volume *foam* tertinggi hanya mencapai 480 ml. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur yang sama yaitu 82,2°C, semakin tinggi viskositas, maka level volume foam akan menurun.

Hal ini tentu sangat relevan dalam mengilustrasikan kondisi di lapangan, dimana peningkatan viskositas akan memberikan efektivitas yang optimal dalam mensirkulasikan *cutting* di dalam sumur dimana penggunaan *hi-vis* sangat krusial pada saat operasi pemboran *geothermal*. Akan tetapi, viskositas yang tinggi belum tentu dapat memberikan suspensi yang baik dalam menahan *cutting* untuk tidak turun ke dasar sumur akibat volume *foam* yang tidak signifikan sehingga kemampuan *foam* dalam menahan *cutting* tidak efektif dalam keadaan viskositas yang tinggi. Salah satu keunggulan dari *foam* adalah *properties* yang dimiliki nya yaitu *yield point* yang tinggi, dimana struktur dari *foam* tersebut dapat menahan *cutting* pemboran dengan suspensi yang baik saat operasi pemboran sedang dihentikan ketika sedang mengganti BHA.



Gambar 3. Perbandingan Volume Foam terhadap Viskositas @AHR

Berdasarkan gambar 4 yang menggambarkan hubungan antara *yield point* dan temperature, dapat dilihat bahwa nilai *yield point* lumpur VIS 70 sec/qt cenderung turun seiring kenaikan temperature. Kenaikan temperatur tentunya cenderung akan menurunkan kualitas *properties* lumpur. Namun, akibat adanya penambahan *foam* dan juga *corrosion inhibitor*, penurunan *properties* lumpur pada temperatur yang tinggi tidak terlalu signifikan sehingga *properties* lumpur VIS 70 sec/qt masih terjaga dimana nilai *yield point* pada temperatur 82,2°C sebesar 18 lb/100 ft².



Gambar 4. Perbandingan Tren Yield Point Terhadap Temperatur

Pada saat kondisi yang ada di lapangan bahwa ketika *hole cleaning* ingin tercapai, maka viskositas lumpur harus dinaikkan agar *cutting* dapat tersirkulasikan sempurna. Potensi *stuck pipe* sangat rentan terjadi pada *section 12,25* jika sirkulasi *cutting* tidak berjalan secara sempurna. Penumpukan *cutting* pemboran menjadi salah satu penyebab utama terjadinya *stuck pipe* pada pemboran sumur panasbumi. Selain itu, *impurities* dari lumpur yang berbahan dasar *solid* juga dapat menjadi salah satu penyebab utama terjadinya *caving* atau runtuhnya lubang bor yang dapat menyebabkan *cutting* tertumpuk pada dasar sumur. Oleh karena itu, *foam mud* direkomendasikan untuk diaplikasikan pada *section 12,25* dikarenakan *foam mud* memiliki

densitas yang lebih ringan daripada *bentonite-based mud*. Lumpur yang memiliki densitas lebih ringan tentunya akan sangat mudah dalam mensirkulasikan *cutting* mencapai permukaan secara efektif.

4. SIMPULAN

Setelah dilakukan analisis secara komprehensif mengenai hasil pengujian formula lumpur yang efektif dalam kegiatan pemboran di trayek 12,25, maka diperoleh kesimpulan yaitu:

- Efektivitas *foam* dapat meningkatkan performa *aerated mud* dalam mengangkat *cutting* ke permukaan atau setidaknya ke *loss zone* terdekat.
- *Foam* pada lumpur VIS 70 sec/qt telah mengalami emulsi dengan lumpur yang ditandai dengan adanya penurunan volume *foam* seiring meningkatnya viskositas.
- Lumpur VIS 30 sec/qt dan VIS 45 sec/qt merupakan opsi dan juga rekomendasi jika ingin memperoleh *cutting suspension* yang optimal, dikarenakan volume *foam* cenderung meningkat seiring rendahnya viskositas. Hal ini tentu sangat membantu dalam mencegahnya *cutting* jatuh ke dasar sumur saat dilakukan pergantian *connection*.
- Penggunaan *corrosion inhibitor* sangat direkomendasikan terutama saat pemboran menggunakan *foam* untuk mencegah terjadinya korosi pada pipa komponen *bottom hole assembly (BHA)*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. M. C. Ehsan Vaziri, "Application of foam as drilling fluid for cuttings transport in horizontal and inclined wells: A numerical study using computational fluid dynamics," *Journal of Petroleum Science and Engineering*, p. 13, 2020.
- [2] A. K. M. K. N. K. L. Qasim Ahsraf, "Deepest Section Drilled Successfully to TD Using an Advanced Air/Foam System in Highly Fractured Formations of Cretaceous Age in Sulaiman Fold Belt, Pakistan - A Case History," *One Petro*, p. 8, 2018.
- [3] W. A. Nugroho, "Design and Application of Aerated and Foam Drilling Fluid, Case Study in Drilling Operation in Indonesia," *43rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, p. 9, 2018.
- [4] S. E. A. F. I. Ahmed Gowida, "Impact of Eco-Friendly Drilling Additives on Foaming Properties for Sustainable Underbalanced Foam Drilling Applications," *ACS OMEGA*, p. 12, 2024.
- [5] N. S. M. A. S. I. I. A. K. Issham Ismail, "Improving Gas Bubbles' Half Life in Foam Drilling Fluid," *Jurnal Teknologi*, p. 9, 2015.
- [6] O. E. T.-A. N. I. W. Imad Biboye, "Rheological Properties of Oil Based Mud and Optimization of Hole Cleaning Using Low Viscosity and High Viscosity Oil Based Mud," *International Journal of Engineering and Techniques*, vol. VIII, no. 1, p. 9, 2022.
- [7] R. M. A. S. Z. M. N. E. T. M. Y. M. B. P. Z. Chen, "Rheology and Hydraulics of Polymers (HEC) Based Drilling Foams at Ambient Temperature Conditions," *One Petro*, p. 10, 2005.
- [8] C. U. I. V. Sanghani, "Rheology of Foam and Its Implications in Drilling and Cleanout Operations," *ASME*, p. 10, 1983.
- [9] J. G. W. C. A. C. S. A. B. J. Kroezen, "The flow properties of foam," *JSDC*, vol. 104, p. 8, 1988.
- [10] C. U. I. Godwin A. Okpobiri, "Volumetric Requirements for Foam and Mist Drilling Operations," *SPE Drilling Engineering*, p. 18, 1986.

Daftar Singkatan

BHCP	=	<i>Bottom Hole Circulating Pressure</i>
HIVIS	=	<i>High Viscosity Mud</i>
BHR	=	<i>Before Hot-Rolling</i>
AHR	=	<i>After Hot-Rolling</i>
BHA	=	<i>Bottom Hole Assembly</i>