

JPPI, 1 (2), Nopember 2022

Penggunaan Tepung Tapioka Sebagai Pengganti Bentonit Pada Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Air

Zulfikar Aji Kusworo ^{1*}, S. Silviana ¹, Thomas Triadi Putranto ¹

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Fluida pemboran merupakan salah satu aspek yang berperan penting dalam keberhasilan dari operasi pemboran. Lumpur pemboran secara umum berfungsi antara lain sebagai pengangkat serbuk pemboran, menjaga serbuk pemboran tidak jatuh dan menumpuk saat sirkulasi berhenti, menjaga lubang bor dari intrusi fluida formasi, mengurangi friksi dan menjaga lubang bor dari keruntuhan. Sifat-sifat fisik dari lumpur pemboran antara lain adalah densitas, viskositas, gel strength, yield point, dan fluid loss. Bentonit merupakan salah satu material yang lazim dipakai sebagai campuran pada lumpur pemboran, akan tetapi sebagai bahan tambang, tentu saja penambahan bentonit sedikit banyak dapat mempengaruhi kondisi lingkungan yang ada. Tepung tapioka yang mengandung pati, memiliki kemampuan yang relatif sama dengan bentonit ketika diaplikasikan sebagai material campuran lumpur pemboran karena berfungsi sebagai viscosifier dan pencegah fluid loss. Penelitian ini bertujuan untuk mengenai kemampuan tepung tapioka sebagai substitusi bentonit berdasarkan parameter reologi lumpur pemboran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan rekomendasi spesifikasi dari API, lumpur pemboran berbahan dasar tepung tapioka dapat digunakan sebagai substitusi bentonit.

Kata kunci: *fluida pemboran, lumpur pemboran, densitas, viskositas, gel strength, yield point, fluid loss, bentonit, tepung tapioka, pati*

Abstract

Utilization of Tapioca Starch as a Substitute for Bentonite in Water-Based Drilling Mud. Drilling fluid is one aspect that plays an important role in the success of the drilling operation. Drilling mud has functions as drilling cuttings transporter, keeping cuttings from falling and accumulate when circulation stops, protecting the borehole from formation fluid intrusion, reduce friction and prevents the borehole from collapse. The physical properties of the drilling mud include density, viscosity, gel strength, yield point, and fluid loss. Bentonite is one of the materials commonly used as a mixture in drilling mud, but as a mining material, can more or less affect environmental conditions. Tapioca flour which contains starch has relatively the same ability as bentonite when applied as a drilling mud, functioned as a viscosifier and prevents fluid loss. The objective of this research was to determine the ability of tapioca flour as a substitute for bentonite based on rheological parameters. The results shown if compared to API recommended specification, drilling mud made from tapioca starch can be used as a substitute for bentonite.

Keywords: *drilling fluid, drilling mud, density, viscosity, gel strength, yield point, fluid loss, bentonite, tapioca flour, starch*

Pendahuluan

Dalam operasi pemboran di industri hulu perminyakan, peran fluida pemboran (*drilling fluids*) sangatlah penting, keberhasilan dan besarnya biaya yang ditanggung perusahaan dalam suatu penyelesaian sumur eksplorasi sangat bergantung pada sifat-sifat dari fluida pemboran (Caenn dkk., 2011). Salah satu jenis fluida pemboran adalah lumpur pemboran yang mempunyai bahan dasar air (*water-based mud*), yang memiliki komposisi fluida dasar (*base fluid*) dan fasa padatan (*solid phase*) (Scheid dkk., 2019).

Menurut Ahmad dkk. (2018), secara tradisional, lumpur pemboran berfungsi sebagai pengangkat serbuk pemboran (*cuttings*) dan mengalirkannya dari dasar sumur menuju ke permukaan. Akan tetapi, saat ini lumpur pemboran memiliki peran yang sangat penting di operasi pemboran, seperti menjaga agar serbuk pemboran tidak jatuh dan menumpuk kedalam dasar lubang bor, menjaga lubang bor dari intrusi fluida formasi, mengurangi friksi dan korosi pada pipa pemboran, dan menjaga lubang bor dari keruntuhan.

Penelitian terus-menerus dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari lumpur pemboran. Banyak bahan aditif dikembangkan untuk mengubah sifat fisik dari lumpur pemboran, yang diuji berdasarkan standar pengujian dari American Petroleum Institute (API). Salah satu aditif yang dikembangkan adalah *fluid loss control additives*, yaitu suatu bahan aditif yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan fluida (*fluid loss*) dari lumpur pemboran di lubang bor (Caenn dan Chillingar, 1996).

Sodium Bentonit adalah jenis bentonit yang digunakan sebagai campuran dalam lumpur pemboran. Bentonit dalam lumpur pemboran berfungsi sebagai pengontrol viskositas (*viscosifier*) dan *fluid loss control agent*. Sebagaimana diketahui, bahwa *fluid loss* yang besar merupakan salah satu masalah yang seringkali muncul dalam penggunaan lumpur pemboran berbahan dasar air di operasi pemboran (Ali dkk., 2021). Sampai saat ini bentonit yang digunakan dalam lumpur pemboran, masih merupakan produk impor, ini dikarenakan penggunaan bentonit diatur melalui API standard (API, 1997). Bentonit Wyoming, sering disebut API bentonit adalah bentonit yang ditambang di Wyoming, Amerika Serikat, yang merupakan pemimpin pasar dalam penjualan bentonit di dunia (Bilal dkk., 2016).

Bentonit merupakan bahan tambang yang ekstraksinya dilakukan khususnya dengan tambang terbuka, yang dapat menimbulkan permasalahan dari sudut pandang lingkungan dikarenakan dapat menimbulkan pencemaran udara dan air, kehilangan dan perusakan struktur tanah, dan pengundulan hutan.

Akan tetapi, tepung tapioka juga memiliki kegunaan lain jika diaplikasikan kedalam industri perminyakan. Tepung tapioka memiliki kemampuan sebagai *viscosifier* dan pencegah *fluid loss* (Tonukari, 2004) serta efektif juga ketika menjadi pengontrol filtrasi pada lumpur pemboran berbahan dasar air (Zoveidavianpoor dan Samsuri, 2016). Selain itu, penggunaan material yang berasal dari nabati dapat mengurangi polusi terhadap lingkungan dan mengurangi biaya pembuatan lumpur pemboran (Agwu dan Akpabio, 2018).

Pati (*starch*) yang berasal dari tepung tapioka jika bertemu dengan air akan mengembang (*swelling*) volumenya, hal ini terjadi karena adanya *free water absorption*. Pati yang mengembang tersebut dapat menjadi komponen dari padatan saringan (*filtration deposit*) untuk membentuk campuran *polymer-clay* (Chatterji dan Borchardt, 1981), (Joel dan Nwokoye, 2010). Hal ini yang mendasari kenapa pati dari tepung tapioka dapat berfungsi sama seperti bentonit ketika digunakan sebagai campuran dalam lumpur pemboran.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan yang berfungsi untuk menganalisis lumpur pemboran dengan kondisi *Low pressure low temperature* (LPLT) sesuai yang direkomendasikan oleh American Petroleum Institute (API) *Recommended Practice*. Adapun alat yang digunakan antara lain: *Mud balance*, *Constant Speed Mixer*, *Marsh Funnel*, *Viscometer*, dan *Filter Press*.



Gambar 1. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka dan bentonit. Untuk tepung tapioka menggunakan merk Rose Brands, sedangkan bentonit menggunakan bentonit Wyoming sesuai standar dari API.

Untuk bahan-bahan lain, digunakan aditif untuk lumpur pemboran, antara lain: *caustic potash (KOH)*, *low molecular weight polyanionic cellulose polymer (PAC-LV)*, *modified natural polyanionic cellulose polymer (PAC-R)*, *Kalium Chloride (KCl)*, *Calcium Carbonate (CaCO₃)*, dan *barite*

Tabel 1. Kandungan sampel lumpur pemboran

Bahan	Sampel1	Sampel2	Sampel3
Air	350 ml	350 ml	350 ml
KOH	0,05 gr	0,05 gr	0,05 gr
PAC-LV	0,5 gr	0,5 gr	0,5 gr
KCl	25 gr	25 gr	25 gr
Tepung Tapioka	20 gr	-	-
Bentonit	-	20 gr	16 gr
PAC-R	-	-	0,1 gr
Barite	-	-	37 gr
CaCO ₃	-	-	27 gr

Pembuatan lumpur pemboran

Prosedur pembuatan lumpur pemboran mengacu pada standar pembuatan lumpur pemboran yang sudah ditetapkan oleh American Petroleum Institute (API Specification 13A, 2015) untuk pembuatan lumpur pemboran dengan bahan dasar air. Prosedur ini dimulai dengan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. mempersiapkan 3 (tiga) sampel lumpur pemboran yang memiliki campuran berbeda, dengan keterangan sebagai berikut;
2. kemudian dari bahan yang ada, dilakukan proses pencampuran dengan menggunakan *constant speed mixer* dengan kecepatan 200 rpm selama 20 menit;
3. Setelah selesai, masing-masing sampel dituang ke dalam *beaker glass* untuk kemudian dilakukan pengujian terhadap reologi lumpur pemboran.

1.1 Metode pengujian lumpur pemboran

Prosedur pengujian lumpur pemboran juga mengacu kepada standar pengujian lumpur pemboran yang sudah ditetapkan oleh American Petroleum Institute (API Specification 13A, 2015). Pada dasarnya terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu mengukur densitas, reologi dan filtrasi dari lumpur pemboran dengan langkah-

langkah sebagai berikut:

1. Penghitungan densitas diukur setidaknya dalam dua tahap, tahap pertama adalah ketika suatu bahan atau komponen lumpur pemboran dicampur dengan 350 ml air, kedua adalah ketika campuran setiap bahan sesuai pada tabel 1 dicampur dengan 350 ml air. fluida yang sudah terbentuk, dimasukkan ke dalam cup yang ada pada *mud balance*. Setelah itu *mud balance* diletakkan pada tempat pengukuran, penunjuk angka pada *mud balance* digeser sampai dengankondisi *mud balance* stabil dan tidak condong kesalah satu beban. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui densitas (*specific gravity*) lumpur pemboran.
2. setelah densitas setiap sampel didapatkan, lumpur kemudian dimasukkan ke dalam *marsh funnel*, untuk diukur *funnel viscosity (FV)* dengan cara:
 - a. menutup lubang keluarnya fluida pada bagian bawah marsh funnel dengan jari tangan, kemudian menuangkan sampel lumpur pemboran melalui saringan sampai menyentuh bagian dasar dari marsh funnel, lumpur pemboran di isi sampai volume marsh funnel kira-kira adalah 1 quart (946 ml);
 - b. menyediakan bejana sebagai tempat penampungan lumpur pemboran yang keluar dari lubang marsh funnel, kemudian membuka jari tangan yang menutup lubang keluarnya lumpur pemboran, sehingga lumpur tersebut mengalir keluar;
 - c. mencatat waktu yang diperlukan oleh lumpur untuk habis keluar untuk mengisi bejana penampung tersebut (dalam satuan detik).
3. Menyiapkan *viscometer* untuk menghitung *Plastic viscosity (PV)*, *yield point (YP)* dan *gel strength* dari lumpur pemboran. Untuk analisis PV dan YP, sampel diaduk pada 600 rpm. Pembacaan distabilkan pada kecepatan ini sebelum dilanjutkan ke kecepatan 200, 100, 6 dan 3 rpm.

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (1)$$

$$YP = \theta_{300} - PV \quad (2)$$

Hasil pembacaan viskometer digunakan untuk mengukur nilai PV dan YP menggunakan persamaan 1 dan 2. Untuk analisis *gel strength* sampel diaduk pada kecepatan 600 rpm selama 30 detik, lalu *switch* pada *viscometer* diarahkan pada 3 rpm selama 10 detik, pada jendela reading dilihat nilai bentangan jarum tertinggi. Hasil ini disebut *gel strength* awal.

Kemudian lumpur diaduk kembali dengan kecepatan 600 rpm dan diamkan selama 10 menit. Kemudian dilakukan pembacaan *gel strength* selama 10 menit pada kecepatan 3 rpm, hasil ini disebut *gel strength* akhir.

- Langkah selanjutnya atau dalam penelitian ini adalah langkah akhir dari percobaan adalah pengukuran filtrasi lumpur pemboran menggunakan LPLT *Filter Press*. *Filter press test* dilakukan untuk mengetahui kehilangan fluida lumpur pada temperatur lingkungan dan tekanan 100 psi. Peralatan untuk pengujian ini adalah API *filter press* yang terdiri dari sel filtrasi, kertas saring khusus (*filter paper*) fann, suplai udara untuk tekanan rendah (kompresor) dan silinder pengukur. Peralatan harus dirakit dengan benar sebelum pengujian dilakukan. Kertas saring harus dipastikan dalam kondisi baik. Sampel lumpur harus dimasukkan ke dalam sel sampai penuh. Tekanan 100 psi diterapkan ke sel dan pembacaan kehilangan cairan diambil dalam silinder pengukur setiap periode waktu tiga menit hingga mencapai 30 menit.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian sampel lumpur pemboran

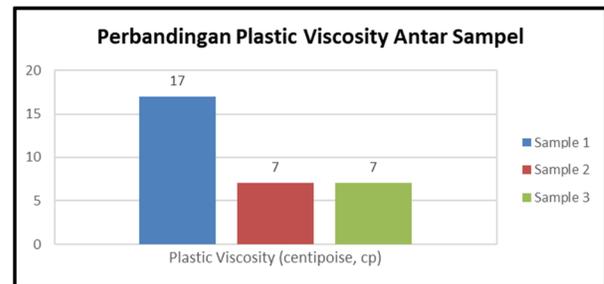
Setelah pengujian selesai dilakukan dan dicatat hasil yang ada sebagai data penelitian, maka Secara detail, hasil penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Sifat dari ketiga sampel lumpur pemboran

No.	Parameter	sampel 1	sampel 2	sampel 3
1.	<i>Mud density</i>	8.8 lbm/gal	8.5 lbm/gal	9.5 lbm/gal
2.	<i>Funnel Viscosity (FV)</i>	34 sec/qt	31 sec/qt	63 sec/qt
3.	pH	9.5	9.5	9.5
4.	<i>Viscometer 600 rpm</i>	45	26	29
5.	<i>Viscometer 300 rpm</i>	28	16	22
6.	<i>Viscometer 200 rpm</i>	21	12	15
7.	<i>Viscometer 100 rpm</i>	13	10	11
8.	<i>Viscometer 6 rpm</i>	7	10	4,5
9.	<i>Viscometer 3 rpm</i>	3	8	4

No.	Parameter	sampel 1	sampel 2	sampel 3
10.	<i>Gel strength (10 detik)</i>	3	8	6
11.	<i>Gel strength (10 menit)</i>	5	11	14
12.	<i>Plastic viscosity</i>	17 cp	7 cp	7 cp
13.	<i>Yield point</i>	11 lbs/100f t2	12 lbs/100f t2	15 lbs/100f t2
14.	filtrat (<i>fluid loss</i>)	5.2 ml	7 ml	8 ml
15.	<i>mud cake</i>	1 mm	1.4 mm	1.2 mm

Berikut merupakan pembahasan dari hasil penelitian terhadap tiga sampel yang diuji. Dengan mengamati semua data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa sampel lumpur nomor 1 yang mengandung tepung tapioka tanpa menggunakan bentonit, menghasilkan sifat-sifat lumpur yang nilainya lebih besar dibandingkan sampel lumpur nomor 2 yang mengandung bentonit, kecuali untuk pembacaan *viscometer* untuk 6 rpm, 3 rpm, *gel strength* 10 detik, 10 menit, *yield point* dan filtrat lumpur yang dihasilkan. Kemudian data sampel nomor 3 yang berbahan dasar CaCO₃ mempunyai hasil yang lebih banyak dibandingkan sampel 1 dan 2 untuk pembacaan densitas, *funnel viscosity*, *yield point* dan filtrat lumpur. Akan tetapi, sampel 1 memiliki nilai *plastic viscosity* yang lebih tinggi dibandingkan 2 sampel lainnya, hal ini menunjukkan bahwa tepung tapioka memberikan nilai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentonit (sampel 2) dan CaCO₃ ditambah bentonit (sampel 3) yaitu 17 centipoise berbanding 7 centipoise, yang digambarkan dalam Gambar 2.

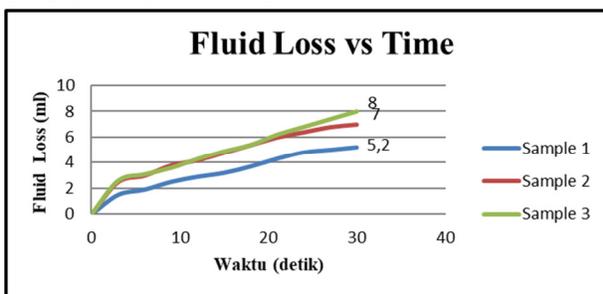


Gambar 2. Perbandingan *Plastic viscosity* diantara berbagai sampel

Plastic viscosity sangat bergantung pada bulk

volume dari padatan lumpur pemboran dan pada viskositas fasa cair yang tersuspensi. *plastic viscosity* menunjukkan nilai viskositas lumpur yang keluar dari bit, nilai *plastic viscosity* yang rendah akan memudahkan operasi pemboran berjalan cepat, sedangkan nilai *Plastic viscosity* yang terlampau besar akan memberatkan kinerja pompa dan mengakibatkan operasi pemboran akan menjadi lambat, kondisi ini dapat dikontrol dengan mengencerkan lumpur pemboran. Kemudian perbedaan antara kekuatan *gel strength* awal dan akhir dapat digunakan untuk menilai seberapa tebal lumpur yang di dapat pada saat dilakukan round trip pada rangkaianpemboran.

Kemampuan lumpur pemboran untuk menutup formasi yang permeabel yang tersingkap karena gerusan dari bit, dengan mud cake yang tipis dan permeabilitasnya rendah merupakan salah satu persyaratan dari baik tidaknya lumpur yang digunakan dalam operasi pemboran. Agar mud cake terbentuk dengan baik, lumpur harus mengandung beberapa partikel yang ukurannya hanya sedikit lebih kecil dari ukuran lubang pori formasi. Biasanya, lumpur berbahan dasar air memiliki filtrat dan ketebalan mud cake yang tipis, terutama jika diformulasikan dengan *fluid loss control agent*. Ketika diuji dengan LPLT Filter press yang menentukan kehilangan fluida atau *fluid loss* dari lumpur pemboran pada suhu kamar dan tekanan 100 psi. Dalam hasil pengujian, diketahui bahwa lumpur sampel 2 memberikan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan sampel 1 (7ml vs 5,2 ml), hasil yang sama juga didapatkan pada sampel 3 yang memiliki nilai 8 ml untuk filtrat yang hilang. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa lumpur sampel 3 lebih rentan terhadap masalah kehilangan fluida (*fluid loss problem*). Hasil dari pengujian digambarkan pada Gambar 3.

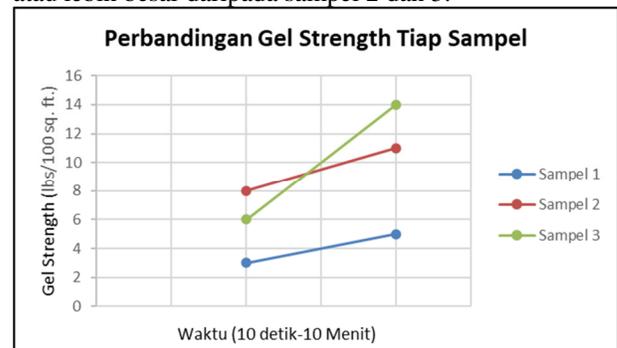


Gambar 3. Perbandingan time vs *fluid loss* diantara berbagai sampel

Pada operasi pemboran yang dilakukan di sumur migas, *fluid loss control agent* yang digunakan harus mampu memberikan kehilangan filtrat kurang dari 15 ml selama periode 30 menit (API Specification 13A, 1997), akan tetapi jika operasi pemboran yang dilakukan adalah

pemboran panasbumi, maka akan ada kecenderungan kehilangan fluida yang lebih banyak. Jika sampel lumpur yang telah diteliti diatas, digunakan untuk operasi pemboran migas, semua sampel lumpur memenuhi kriteria yang ada. Pada sampel 1 yang menggunakan campuran 20gr tepung tapioka, memiliki volume filtrat yang paling sedikit daripada sampel 2, yang menggunakan bentonit yang jumlahnya sama (20gr) dan sampel 3 yang menggunakan bentonit dengan jumlah yang lebih sedikit daripada sampel 2, akan tetapi ditambahkan $CaCO_3$ sebagai *bridging agent*. *Bridging agent* adalah padatan yang ditambahkan ke lumpur pemboran yang berfungsi sebagai perekat pada rekahan batuan. Apabila campuran dari tepung tapioka ditingkatkan jumlahnya, maka akan ada kemungkinan bahwa volume filtrat akan menurun. Molekul pati pada tepung tapioka akan tertarik menuju molekul *polyanionic cellulose* yang menimbulkan pembentukan micelles. Gaya tarik yang ada bersifat hidrofobik dan keberadaan partikel yang bermuatan berlawanan akan meningkatkan interaksi yang ada (Odeh, 2006).

Kemudian pembahasan berikutnya adalah mengenai *Gel strength*, yang merupakan suatu nilai yang menunjukkan kemampuan lumpur pemboran untuk menahan padatan ketika operasi pemboran dalam kondisi diam atau saat operasi pemboran berhenti pada waktu tertentu. *Gel strength* awal (10 detik) menunjukkan kondisi lumpur saat awal operasi pemboran berhenti, kemudian *gel strength* akhir (10 menit) adalah nilai saat akhir operasi pemboran berhenti sejenak. Dari hasil penelitian yang terlihat pada Gambar 4.3. diketahui bahwa nilai *gel strength* untuk lumpur pemboran yang memakai campuran dengan tepung tapioka hasilnya cukup rendah dibandingkan dengan 2 sampel lain, walaupun nilai viskositasnya lebih tinggi dibandingkan sampel 2 dan 3, hal ini kemungkinan diperlukan jumlah tepung tapioka yang lebih banyak dalam 1 sampel, untuk menaikkan nilai *gel strength* sehingga akan mendekati atau lebih besar daripada sampel 2 dan 3.



Gambar 4. Perbandingan *gel strength* setiap sampel

Akan tetapi, *gel strength* tetap perlu dikontrol agar nilainya tidak terlampau tinggi, karena apabila nilainya

sangat tinggi, maka akan dibutuhkan tekanan pompa yang besar untuk menggerakkan lumpur saat lumpur tersebut dalam kondisi statik yang lama. Berdasarkan Biwott dkk. (2019), diketahui spesifikasi yang direkomendasikan oleh API untuk *Plastic viscosity*, *yield point* dan *gel strength* seperti yang terlihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekomendasi API untuk sifat lumpur pemboran (Biwott dkk., 2019)

Sifat Lumpur Pemboran	Nilai Rekomendasi
plastic viscosity (centipoise)	8-35
yield point (lbs/100ft2)	minimum = 5 maximum = $YP \leq 3 \times PV$
gel strength 10 detik (lbs/100ft2)	2-5
gel strength 10 menit (lbs/100ft2)	3-35

Berdasarkan tabel diatas maka, sampel 1 yang mengandung tepung tapioka masuk didalam range nilai yang direkomendasikan oleh API, sehingga tepung tapioka dapat digunakan sebagai pengganti bentonit dalam kondisi low temperature low pressure.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dankwa dkk. (2018), Zoveidavianpoor dan Samsuri (2016), dan Nyeche dkk. (2015), pada penelitian tersebut sampel lumpur dasar dibuat menggunakan air dan bentonit, lalu dicampur dengan *starch* yang berfungsi sebagai secondary *viscosifier* atau secondary fluid lost agent, sedangkan dalam sampel 1 yang peneliti kondisikan, adalah murni menggunakan tepung tapioka saja. sedangkan untuk sampel 2 adalah menggunakan bentonit saja dan sampel 3 menggunakan gabungan bentonit dan PAC.

Dalam hal ini berarti yang peneliti lakukan, bahwa fungsi tepung tapioka adalah sebagai primary *viscosifier* dan primary *fluid loss control agent*. Yang menjadi perbedaan kedua dari penelitian- penelitian sebelumnya adalah, campuran *starch* atau pati pada peneliti sebelumnya yang relatif sedikit (≤ 10 gram), sedangkan dalam penelitian ini jumlah takaran tepung tapioka yang dicampurkan adalah 20 gram, karena fungsinya adalah sebagai primary *viscosifier* dan primary *fluid loss control agent* yang dapat berfungsi secara independen tanpa membutuhkan material lain seperti bentonit atau PAC.

4. Kesimpulan

Pengujian terhadap kemampuan tepung tapioka yang bertujuan sebagai bahan nabati yang terbarukan yang mempunyai kemampuan sebagai material dalam lumpur pemboran dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tepung tapioka pada lumpur sampel 1 memiliki viskositas yang cukup sebanding atau sedikit lebih baik dibandingkan dengan sampel 2 yang

menggunakan bentonit dengan jumlah takaran yang sama, ataupun jika dibandingkan dengan sampel 3 yang menggunakan campuran material yang lebih kompleks.

2. Sampel 1 yang mengandung tepung tapioka memiliki nilai *gel strength* yang lebih rendah daripada sampel 2 dan 3, ini menunjukkan bahwa kemampuan lumpur pemboran yang mengandung tepung tapioka untuk menahan cuttings pada saat pemboran berhenti sejenak, lebih rendah daripada bentonit.
3. Nilai *fluid loss* pada lumpur pemboran sampel 1 lebih rendah daripada sampel 2 dan 3 yang mengandung bentonit. Hal ini berarti bahwa kemungkinan kehilangan fluida pada saat pemboran berlangsung pada sampel 1 lebih rendah daripada sampel 2 dan 3.
4. Berdasarkan nilai beberapa parameter penentu kelayakan lumpur pemboran (diantaranya adalah viskositas, *gel strength*, dan *fluid loss*) pada sampel 1 yang hanya mengandung tepung tapioka sebagai campuran dari lumpur pemboran pada saat pengujian, memiliki kemampuan yang sedikit lebih baik sebagai *viscosifier* dan *fluid loss control agent* dalam mengurangi kehilangan fluida pemboran kedalam formasi batuan yang permeabel dibandingkan dengan bentonit walaupun kemampuan lumpur pemboran pada sampel ini sedikit lebih rendah daripada lumpur sampel lain yang mengandung bentonit dalam menahan cutting untuk tidak jatuh ke dasar sumur.

Daftar Pustaka

Agwu, O. E., & Akpabio, J. U. (2018). Using agro-waste materials as possible filter loss control agents in drilling muds: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 163, 185-198.

Ahmad, H.M., Kamal, M.S., Al-Harhi, M.A. (2018). High molecular weight copolymers as rheology modifier and *fluid loss* additive for water-based drilling fluids. *J. Mol. Liq.* 252, 133–143.

Ali, I., Ahmad, M., & Ganat, T. (2021). Development of a new formulation for enhancing the rheological and filtration characteristics of low-solids WBMs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 205, 108921.

API (1997). *Specification for Drilling Fluid Materials*, API RP 13A. Washington DC.

API (1997). *Standard Practice for Field Testing Water-Based Drilling Fluids*, API RP 13B-1 2nd Ed. Washington DC.

Beninca, C., Demiate, I. M., Lacerda, L. G., Carvalho Filho, M. A. D. S., Ionashiro, M., & Schnitzler, E.

- (2008). Thermal behavior of corn *starch* granules modified by acid treatment at 30 and 50 C. *Eclética Química*, 33, 13-18.
- Bilal, S., Mohammed-Dabo, I. A., Dewu, B. B. M., Momoh, O. R., Aminu, A. H., Abubakar, U., & Mashi, A. H. (2016). Determination of morphological features and molecular interactions of Nigerian bentonitic clays using Scanning Electron Microscope (SEM). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 9(2), 279-285.
- Biwott, T., Kiprof, A., Akaranta, O., & Oriji, A. (2019). Terminalia mantaly leaves as a novel additive in water-based drilling MUD. *International Journal of Chemical Sciences*, 7, 2173-2181.
- Caenn, R., & Chillingar, G. V. (1996). Drilling fluids: State of the art. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 14(3), 221-230. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0920-4105\(95\)00051-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0920-4105(95)00051-8)
- Caenn, R., Darley, H. C., & Gray, G. R. (2011). Composition and properties of drilling and completion fluids. Gulf professional publishing.
- Chatterji, J., & Borchardt, J. K. (1981). Applications of water-soluble polymers in the oil field. *Journal of Petroleum Technology*, 33(11), 2042-2056.
- Dankwa, O. K., Appau, P. O., & Tampuri, M. (2018). Performance evaluation of local cassava *starch* flour as a secondary *viscosifier* and *fluid loss* agent in water based drilling mud. *Ghana Mining Journal*, 18(2), 68-76.
- Joel, O. F., & Nwokoye, C. U. (2010). Performance evaluation of local bentonite with imported grade for utilization in oil field operations in Nigeria. In *Nigeria Annual International Conference and Exhibition. OnePetro*.
- Mukherjee, S. (2013). Environmental Degradations during Clay Mining and Beneficiation. In: *The Science of Clays*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6683-9_18
- Nyeche, W., Nmegbu, J., & Ifeoma, P. (2015). Drilling mud formulation using potato *starch* (*Ipomoea batatas*). *J Eng Res Appl*, 5, 48-54.
- Odeh, F. (2006). *Polymer-Surfactant Interaction*. Clarkson University, New York.
- Scheid, C.M., de Carvalho, R.V., de Oliveira, B.R., de Oliveira Borges, R.F., Calçada, L.A. (2019). Evaluation of the dissolution kinetics of NaCl particles in aqueous drilling fluids viscosified with bentonite. *J. Petrol. Sci. Eng.* 174, 563-571.
- Tonukari, N. J. (2004). Cassava and the future of *starch*. *Electronic journal of biotechnology*, 7(1), 5-8.
- Zoveidavianpoor, M., & Samsuri, A. (2016). The use of nano-sized Tapioca *starch* as a natural water-soluble polymer for filtration control in water-based drilling muds. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 34, 832-840.