

EFEKTIFITAS PENAMBAHAN DISPERSANT, RETARDER DAN FLUID LOSS PADA UJI PROPERTIES SEMENT KELAS G DENGAN DENSITAS 13.5 DAN 15.80

Dahrul Effendi¹, Rafly Ramadhan²

Universitas Tanri Abeng^{1,2}

dahrul.efendi@tau.ac.id

Abstrak— Penyemenan atau cementing merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari rangkaian industri hulu migas. Salah satu faktor yang terpenting dalam penyelesaian sumur adalah bagaimana mendapatkan hasil penyemenan yang memuaskan. Metode ini diawali dengan melakukan tahap uji properti terhadap bubuk semen pada skala laboratorium sebelum di aplikasikan di lapangan. Hasil dari uji properti yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa metode yang sesuai untuk proses primary cementing adalah hasil slurry yang nilai viskositasnya bagus dan thickening time yang tepat. Kegiatan uji properties dilakukan terhadap 2 sampel densitas yang berbeda yaitu densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg. Dari hasil uji viskositas, fluid loss dan thickening time pada bubuk semen (slurry), maka dipilih sampel densitas 15,80 ppg dengan hasil viskositas, fluid loss dan thickening time yang sesuai untuk proses primary cementing. Pada uji properties, penelitian ini menggunakan bahan additif dispersant, retarder, fluid loss control agent, gas block, antifoam, fresh water dan semen portland. Uji properti dilakukan secara 4 tahap dengan berurutan pada setiap sampel, yaitu tahap pertama timbang semen, air dan additif lalu di mixing, uji viskositas dengan kecepatan 300 rpm pada suhu ruangan dan suhu atmosfer, dilanjutkan dengan uji fluid loss pada tekanan 1000 psi pada skala laboratorium dan yang terakhir uji thickening time untuk mendapatkan waktu pengerasan pada suspensi semen dengan temperature 130° F. Dari hasil kegiatan uji properti pada sampel densitas 15,80 ppg didapat viskositas 57 cp di 300 rpm pada suhu ruangan dan 98 cp di 300 rpm pada suhu atmosfer, fluid loss sebesar 20 cc pada tekanan 1000 psi dan thickening time 230 menit pada temperature 130° F.

Kata kunci — Penyemenan, bubuk semen, Additif, Densitas, Viskositas.

Abstract— Cementing or cementing is an inseparable part of the upstream oil and gas industry. One of the most important factors in the completion of wells is how to get satisfactory cementing results. This method begins with testing the properties of cement slurries on a laboratory scale before being applied in the field. The results of the properties tests carried out showed that the suitable method for the primary cementing process was the result of a slurry with good viscosity, not much loss of fluid (liquid) and the right thickening time. Properties test activities were carried out on 2 different density samples, namely density 13.50 ppg and 15.80 ppg. From the results of the viscosity test, fluid loss and thickening time in the slurry, a sample density of 15.80 ppg was selected with the results of viscosity, fluid loss and thickening time suitable for the primary cementing process. In the properties test, this study used additive dispersant, retarder, fluid loss control agent, gas block, antifoam, fresh water and Portland cement. The properties test was carried out in 4 stages sequentially for each sample, namely the first stage was weighing cement, water and additives, then a rheology test at 300 rpm at room temperature and atmospheric temperature, followed by a fluid loss test at a pressure of 1000 psi on a laboratory scale and lastly the thickening time test to obtain the hardening time of the cement suspension with a temperature of 130° F. From the results of the properties test activity on a sample density of 15.80 ppg, it was found that the viscosity was 57 cp at 300 rpm at room temperature and 98 cp at 300 rpm at atmospheric temperature, the fluid loss was 20 cc at a pressure of 1000 psi and a thickening time of 230 minutes at a temperature of 130° F.

Keywords — Cementing, Cement Slurry, Additive, Density, Viscosity

I. PENDAHULUAN

Penyemenan suatu sumur merupakan salah satu faktor yang tidak kalah pentingnya dalam suatu operasi pemboran. Berhasil atau tidaknya suatu pemboran, salah satu diantaranya adalah tergantung dari berhasil atau tidaknya penyemenan sumur tersebut.

Sebelum dilakukan penyemenan perlu dilakukan uji laboratorium Adams, (1989) yang bertujuan untuk mengetahui kualitas komposisi semen yang formulasikan. Hasil penyemenan yang memenuhi standar harus dapat menghasilkan bonding atau ikatan semen yang baik, compressive strength yang tahan terhadap

pressure dari formasi dan dari dalam *casing* serta yang terpenting fungsi dari semen itu sendiri dapat terpenuhi. Agar semen tersebut bertahan lebih dari 20 tahun (Anur, 2016).

Operasi penyemenan cukup penting dilakukan agar tidak terjadi masalah-masalah pada saat operasi pemboran. Untuk menghindari masalah pada pemboran, perlu dilakukan pengujian atau percobaan dilaboratorium sebelum melakukan operasi penyemenan di lapangan (Rubiandini, 2010). Hal ini berfungsi untuk mendapatkan formulasi komposisi yang optimum, sehingga dapat berfungsi dengan baik disaat pelaksanaan di lapangan.

Proses penyemenan kadang kadang mengalami kegagalan yang menyebabkan kerugian yang cukup besar, untuk menjaga tidak terjadi hal demikian. Maka perlu suatu mekanisme penyemenan agar tidak hilangnya cairan dari suspensi semen ke dalam formasi yang permeable disebut *filtration lost* (Rubiandini, 2010).

Sulfonate adalah dispersan semen yang paling umum. Bahan yang digunakan umumnya memiliki 5 sampai 50 *sulfonate* yang melekat pada polimer bercabang tinggi (Nelson, 1990)..

II. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dilaboratorium dengan Uji Viskositas, *Fluid Loss* dan *Thickening Time* pada semen kelas G dengan densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg di sumur "RR". Tahapan pertama adalah proses pembuatan bubur semen penelitian berdasarkan cementing book API - 10B-2. Dengan cara mencampurkan semen, additif dan air dan diaduk dengan *constant speed mixer*

A. Uji viskositas semen pada temperatur ruangan dan *circulate temperature*

Pengujian viskositas semen menggunakan alat *viscometer* dan *Atmospheric Consistometer* dengan cara memasang rotor dan *spindle* lalu masukkan suspensi semen kedalam tabung pengukur. hidupkan rotor pada kecepatan 300,200,100,6,3 (rpm) (Gambar 1), untuk mendapatkan viskositas pada temperatur ruangan disetiap kecepatan perputaran (rpm), sampai stabil, kemudian bubur semen disirkulasi ke alat *atmospheric consistometer* untuk diuji pada suhu tinggi, kemudian bubur semen di uji viskositas kembali untuk mendapatkan hasil viskositas *circulate temperature*.



Gambar 1. Alat *Viscometer* dan *atmospheric consistometer*

B. Uji *Fluid Loss*

Uji ini bertujuan untuk mendapatkan volume dari cairan bubur semen menggunakan alat *filter press* (Gambar.2) dengan cara meletakkan gelas ukur dibawah *silinder* untuk menampung *fluid filtrate* gunakan *filter paper* dan alirkan udara atau gas N₂ dengan tekanan 1000 psi. Catat volume cairan sebagai fungsi waktu dengan *stopwatch*, catat setiap 2 menit pada 10 menit pertama, kemudian setiap 5 menit untuk 20 menit selanjutnya.



Gambar 2. Alat *filter press*

C. Analisis Uji *Thickening Time*

Analisis Uji *Thickening Time* menggunakan alat HPHT *Consistometer* (Gambar.3) dengan cara melakukan *Set Up* suhu, *alarm*, memasukan data semen, ketika analisa berlangsung (tunggu sampai 100, Bila sudah 100, tekan Stop Test dan nyalakan Cool. *Release Pressure* setelah dibawah 100 °F lalu buka tutup consistometernya.



Gambar 3. Gambar HPHT Consistometer

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Uji viskositas semen pada temperatur ruangan dan *circulate temperature*

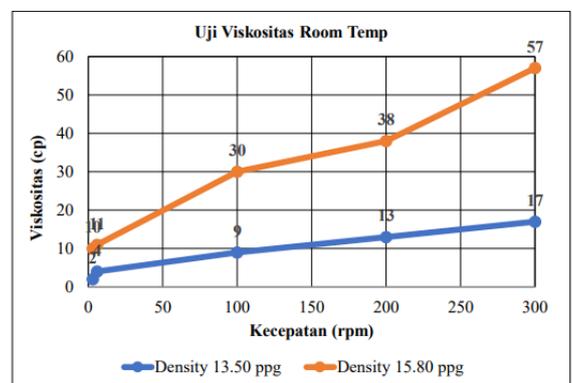
Hasil uji viskositas pada temperatur ruangan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel-1. Pengujian viskositas dengan *density* 13,50 ppg pada bubuk semen dan memakai *additif* dengan komposisi *dispersant* dengan berat 1,39 gram, *Retarder* 4,19 gram, *Fluid Loss* 67,81 gram,

Gas Block 1,50 91,54 gram, *Anti Foam* 1,18 gram, *Fresh water* 296,15 gram dan semen 509,21 gram. Sedangkan pada *densitas* 15,80 ppg *additif* yang digunakan 48 dengan komposisi *Dispersant* dengan berat 2,02 gram, *Retarder* 6,06 gram, *Fluid Loss* 98,03 gram, *Gas Block* 132,34 gram, *Anti Foam* 1,71 gram, *Fresh water* 160,55 gram dan semen 736,20 gram

Tabel 1 Hasil Uji Viskositas dengan densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg pada temperatur ruangan

No.	Sampel	Kecepatan (rpm)	Viskositas Room Temp 25° C (cp)
1.	Densitas 13,50 ppg	300	17
2.		200	13
3.		100	9
4.		6	4
5.		3	2
6.	Densitas 15,80 ppg	300	57
7.		200	38
8.		100	30
9.		6	11
10.		3	10

Dari hasil pengujian diatas didapatkan nilai viskositas rendah dengan densitas 13,50 ppg lebih encer dibandingkan nilai viskositas yang lebih tinggi dengan densitas 15,80 ppg yang lebih kental. Jadi sangat jelas sekali perbandingannya, tetapi jumlah *dispersant* di sampel pertama lebih kecil dibandingkan di sampel kedua, karena seharusnya semakin banyak *dispersant* yang dimasukkan kedalam bubuk semen maka akan semakin encer. Mungkin saja itu pengaruh dari jumlah *fresh water* yang berbeda pada sampel pertama dan kedua. Pada gambar 1 dapat dilihat grafik bahwa nilai viskositas dari densitas 13,50 ppg lebih kecil dibandingkan dengan densitas 15,80 ppg. Jika ditinjau dari nilai viskositasnya memiliki nilai yang lebih kecil, walaupun memiliki komposisi *additif* yang sama dengan densitas 15,80 ppg.



Gambar 1 Grafik hasil uji viskositas dengan densitas 13,50 ppg dan 18,50 pada Room temperature 25° C.

B. Analisis Uji Hasil Uji Viskositas Dengan Densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg Pada Circulate Temperatur.

Setelah bubuk semen sudah mendapatkan nilai viskositas pada suhu ruangan, bubuk semen juga harus di uji dengan temperature tinggi menyesuaikan dengan BHCT (*Bottom Hole Circulate Temperature*) dengan suhu 164° F. Uji suhu atmosfer ini bertujuan untuk mengevaluasi waktu pengerasan (*setting time*) semen dalam kondisi atmosfer. *Setting time* mengacu pada waktu yang diperlukan untuk *slurry* semen mencapai konsistensi yang cukup kaku untuk mempertahankan bentuknya. Ini menunjukkan awal pengerasan semen dan akhir dari fase aliran atau deformasi signifikan *Setting time* penting karena mempengaruhi keberhasilan operasi *primary cementing* dan kemampuan semen untuk memadatkan ruang antara *casing* dan dinding sumur dengan baik. Setelah di uji di alat atmosferic bubuk semen kembali di uji *rheology* untuk mengetahui hasil viskositas *circulate temperatur*.

Hasil viskositas menggunakan suhu 164° F dapat dilihat pada tabel 2. Uji viskositas *circulate temprature* yang dilakukan, setelah *slurry* yang atmosfer dengan suhu 164° F dan dilanjutkan uji *rheology* kembali,.

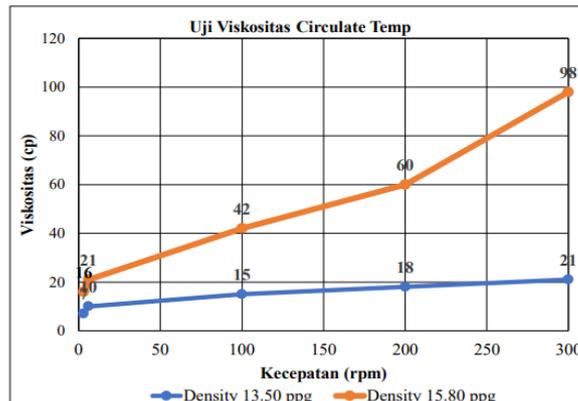
Tabel 2 Hasil Uji Viskositas dengan Densitas 13.50 ppg dan 15.80 ppg pada *Circulate Temperature* 164° F.

No.	Sampel	Kecepatan (rpm)	Viskositas Circulate Temp 164°F (cp)
1.	Densitas 13,50 ppg	300	21
2.		200	18
3.		100	15
4.		6	10
5.		3	7
6.	Densitas 15,80 ppg	300	98
7.		200	60
8.		100	42
9.		6	21
10.		3	16

Pada tabel 2 sangat jelas perubahan nilai viskositas yang didapat ketika sudah mengalami suhu tinggi, maka terlihat pada kedua sampel tersebut mengalami peningkatan nilai viskositas dikarenakan adanya pressure yang tinggi

Pada gambar 2 hasil grafik uji viskositas *circulate temperature* yang dilakukan masih menggunakan *additif* dan konsentrasi yang sama. Dapat dilihat bahwa pada densitas 13,50 ppg terjadinya peningkatan viskositas pada saat didalam temperatur tinggi tetapi dengan nilai viskositas yang masih

kurang dari 50 cp dianggap tidak cocok untuk digunakan pada proses *primary cementing*



Gambar 2 Grafik Hasil Uji Viskositas Terhadap Density 13.50 dan 15.80 ppg pada *Circulate Temperature* 164°F.

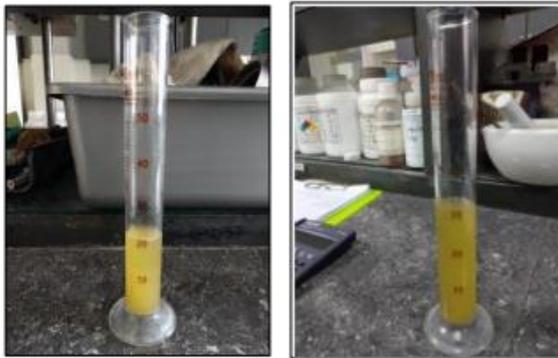
C. Analisis Uji *Fluid Loss*

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan *slurry* semen untuk mengontrol kehilangan cairan (*fluid loss*) selama proses *primary cementing*.

Dengan menguji berbagai kombinasi bahan dan aditif, serta pemantauan kualitas dan konsistensi *slurry* semen, Dengan melakukan pengujian *fluid loss* di laboratorium sebelum menggunakan bubuk semen di lapangan, kita dapat meminimalkan resiko terkait kehilangan cairan yang tidak diinginkan selama *primary cementing*

Uji *Fluid Loss* dilakukan pada densitas 15,80 ppg yang sudah lolos dari tahap *rheology* suhu ruang dan suhu atmosfer dan pada densitas 13,50 ppg dilakukan uji *fluid loss* hanya untuk dijadikan perbandingan. Uji *fluid loss* dilakukan selama 30 menit dengan tekanan 1000 psi pada skala laboratorium. Uji *fluid loss* dinyatakan optimum apabila liquid (cairan) mencapai spesifikasi 50 cc dengan waktu 30 mnt dan bertekanan 1000 psi, jika bubuk semen tidak memiliki sifat kehilangan fluida yang baik, maka fluida dengan partikel-partikel kecil di dalam lumpur pemboran dapat terinvasi ke dalam formasi dan akan menyebabkan kerusakan formasi.

Hasil yang dapat dilihat pada gambar 3. Dari sampel *density* 13,50 ppg dan 15,80 ppg yang dilakukan uji *fluid loss* pada *slurry* semen dengan menggunakan komposisi *additive dispersant* 0.030 Gps, *Retarder* 0.080 Gps, *Fluid loss Control* 1.50 Gps, *Gas Block* 1.50 dan *Anti Foam* 0.03 Gps



Gambar 3 Hasil Uji Fluid Loss Densitas 15,80 ppg dan 13,50 ppg dengan Tekanan 1000 psi.

Hasil fluid loss diukur dalam satuan cc (sentimeter kubik), yang mengindikasikan volume fluida yang hilang selama periode waktu uji tertentu.

Pada densitas 13,50 ppg, fluida (cairan) kehilangan 33 cc selama periode 30 menit dan tekanan 1000 psi. Sedangkan pada density 15,80ppg, fluida kehilangan 20 cc dalam kondisi yang sama (Tabel 3) Dalam kasus ini, semakin rendah angka fluid loss, semakin baik kemampuan *fluida drilling* dalam membentuk lapisan filter yang efektif.

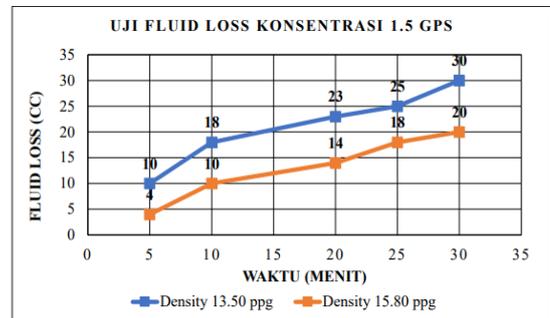
Tabel 3 Hasil Uji Fluid Loss Densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg pada Konsentrasi 1.50 Gps.

Sampel	Waktu (menit) dan Tekanan (psi)	Hasil (cc)
Densitas 13,50 ppg	30/1000	33
Densitas 15,80 ppg	30/1000	20

Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa fluida dengan densitas 15,80 ppg memiliki *fluid loss* yang lebih rendah dibandingkan dengan densitas 13,50 ppg. Hal ini menunjukkan bahwa densitas yang lebih tinggi dapat memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kehilangan *fluida* ke dalam formasi batuan. Penambahan *additif* berpengaruh pada jumlah *fluid loss* tapi terikat oleh banyaknya jumlah *additif* yang ditambahkan. Semakin banyak *filtrate* yang hilang dari suspensi semen maka akan menyebabkan semen kekurangan air (*flash set*).

Pada gambar 4. Jumlah filtrat pada densitas 15,80 ppg (cairan yang terfilter) yang keluar dari sampel selama 30 mnt pada tekanan 1000 psi, dan hasilnya cukup baik digunakan untuk mengevaluasi kemampuan cairan drilling

atau semen dalam mencegah kehilangan cairan ke dalam formasi. Semakin rendah jumlah *fluid loss* yang terukur, semakin baik kemampuan cairan dalam mencegah kehilangan cairan dan menjaga integritas sumur



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Fluid Loss pada konsesntrasi 1.5 Gps terhadap densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg.

D. Analisis Uji *Thickening Time*

Pengujian ini dilakukan setelah sudah mendapatkan hasil *rheology* dan *fluid loss*. Uji thickening time menggunakan alat HPHT *consistometer* dan tambahan *additive retarder* untuk mengendalikan waktu pengerasan semen untuk disimulasikan pada kondisi temperatur sampai 220° F dan tekanan sirkulasi 2500 psi pada skala laboratorium

Uji *thickening time* dilakukan dengan ampel densitas 13,50ppg dan 15,80ppg untuk mendapatkan waktu pemompaan karena harus lebih kecil dari *thickening time*, sebab kalau bila lebih besar dari *thickening time* maka suspensi semen akan mengeras terlebih dahulu sebelum seluruh suspensi semen mencapai target yang telah ditentukan. Jika suspensi semen mengeras didalam *casing* akan menyebabkan kefatalan dalam operasi penyemenan.

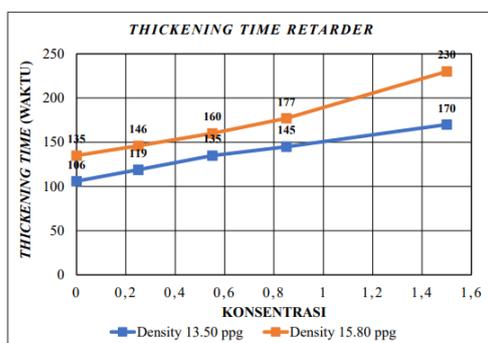
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dari tabel 4. dan gambar 5 didapatkan grafik pengaruh penambahan konsentrasi retarder dengan temperature 130°F dengan tekanan 2500 psi. Pada pengujian densitas 13.50 ppg pada

temperatur 130°F dengan menggunakan *additif retarder* sebanyak 0.25 Gps didapatkan hasil *thickening time* sebesar 106 menit, 0.55 Gps sebesar 135 menit, 0.85 sebesar 145 menit, 1.5 sebesar 170 menit. Sedangkan hasil pengujian *thickening time* densitas 15.80 ppg pada temperatur 130°F dengan menggunakan *additif retarder* sebanyak 0.25 Gps didapatkan hasil *thickening time* sebesar 146 menit, 0.55 Gps sebesar 160 menit, 0.85 Gps sebesar 177 menit, 1.5 Gps sebesar 230 menit.

Tabel 4. Hasil Uji Thickening Time Densitas 13,50 ppg dan 15,80 ppg pada Temperature 130°F dengan Tekanan 2500 psi.

No.	Sampel	Retarder (Gps)	Thickening Time (Menit)
1.	Densitas 13.50 ppg	0	106
2.		0.25	119
3.		0.55	135
4.		0.85	145
5.		1.5	170
6.	Densitas 15.80 ppg	0	135
7.		0.25	146
8.		0.55	160
9.		0.85	177
10.		1.5	230

Dari dua sampel densitas yang telah dilakukan uji *thickening time* maka dapat dilihat bahwa, setiap bertambahnya konsentrasi pada *additif retarder* nilai *thickening time* akan semakin meningkat.



Gambar 5 Grafik hasil uji Thickening Time Densitas 13.50 ppg dan 15.80 ppg

Dari seluruh proses atau rangkaian uji properti *design* bubuk semen yang telah dilakukan kedua sampel bubuk semen (*slurry*). Sampel *slurry* yang dipilih untuk proses penyemenan *primary cementing* adalah densitas 15.80 ppg dengan nilai viskositas yang memenuhi syarat yaitu 98 cp di 300 rpm pada suhu atmosfer dan 57 cp pada suhu ruangan, *fluid loss* 20 cc/30 menit/1000 psi, *thickening time* 230 menit dengan konsentrasi *additif retarder* 1.5 di temperatur 164° F dengan tekanan 2500 psi dalam skala kecil laboratorium. Sampel kedua ini dipilih karena memenuhi syarat-syarat proses penyemenan untuk menjadi semen yang akan digunakan pada sumur “RR” yaitu:

1. Memiliki nilai viskositas yang sesuai untuk proses *primary cementing*.
2. Hasil volume *fluid loss* yang optimum sebesar 20 cc.
3. Setelah uji *thickening time* dapat disimpulkan bahwa densitas 15.80 ppg memiliki waktu pengerasan semen yang tepat lalu Hasil sifat fisik semen yang tidak cair dan memiliki viskositas dan *fluid loss* yang baik ketika dilakukan uji rheology dan *filtration loss*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dispersant, retarder dan *fluid loss* control pada bubuk semen dengan densitas 13.50 ppg dan 15.80 ppg mampu mempengaruhi hasil viskositas, *fluid loss* dan *thickening time* pada bubuk semen. Pada bubuk semen dengan densitas 13.50 ppg, penggunaan dispersant menurunkan viskositas semen menjadi lebih encer, sedangkan pada semen dengan densitas 15.80 ppg, penggunaan dispersant dapat meningkatkan viskositas semen menjadi lebih kental padahal berat dispersant pada densitas 15.80 ppg lebih banyak di bandingkan densitas 13.50 ppg itu karena perbedaan jumlah berat semen dan air yang berbeda pada kedua sampel.

Pada hasil uji *fluid loss* *additif fluid loss* control cukup bekerja dengan baik karena bisa di lihat pada gambar 4.3 hasil cairan yang terfilter antara densitas 13.50 ppg dan 15.80 ppg berbeda. Lalu pada hasil uji *thickening time* *additif retarder* juga sangat mempengaruhi proses pengerasan semen yang bisa dilihat pada gambar 4.3 terjadinya peningkatan waktu pengerasan semen pada konsentrasi 1.5 Gps. Penurunan viskositas pada semen pemboran dengan densitas 13.50 ppg dapat memudahkan proses penyemenan dan mengurangi kemungkinan terjadinya *fluid loss*. Namun, penurunan viskositas yang terlalu besar dapat mengurangi kemampuan

semen untuk menahan tekanan dan meningkatkan risiko terjadinya kefatalan. Sementara itu, peningkatan viskositas pada semen pemboran dengan densitas 15.80 ppg dapat meningkatkan kemampuan semen untuk menahan tekanan dan mencegah terjadinya kefatalan pada proses cementing berlangsung.

Namun, peningkatan viskositas yang terlalu besar dapat mempersulit proses penyemenan dan meningkatkan risiko terjadinya trapped annulus pressure (Shamry, dkk 2012).

III. KESIMPULAN

Dari hasil analisa penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan

1. Hasil uji viskositas pada densitas 13,50 ppg didapatkan nilai viskositas sebesar 17 cp pada suhu ruangan dan 21 cp pada suhu atmosfer sedangkan nilai viskositas pada densitas 15,80 ppg sebesar 57 pada suhu ruangan dan 98 cp pada suhu atmosfer dengan kecepatan 300 rpm. Pada bubuk semen penambahan additif dispersant dari kedua sampel bekerja dengan baik tetapi pada kalkulasi bahan dimana densitas 15,80 ppg memiliki berat dispersant lebih banyak dibandingkan dengan densitas 13,5 ppg yang seharusnya sifat fisik semennya lebih encer dari densitas 13,50 ppg, mungkin karena fresh water di densitas 13.50 ppg lebih banyak dibandingkan dengan densitas 15,80 ppg.
2. Pada uji fluid loss pada bubuk semen penambahan additif fluid loss control bekerja dengan baik dibuktikan dengan hasil cairan yang terfilter dari kedua sampel mengalami penurunan dari 33 cc pada density 13.50 ppg sampai ke 20 cc pada densitas 15,80 ppg dengan waktu 30 menit pada tekanan 1000 psi.

Keberhasilan pada penambahan retarder untuk uji thickening time terjadinya peningkatan waktu pengerasan semen yang lumayan signifikan pada konsentrasi retarder 1.5 Gps dengan temperature 130°F dari waktu 170 menit pada density 13.50 ppg meningkat ke 230 mnt pada densitas 15,80 ppg.

I. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adams, N.J., Charrier, T. (1989). *Drilling Engineering: A Complete Well*
- [2] *Planning Approach*. PennWell Books. Tulsa, Oklahoma.
- [3] Anur, H. (2016). *Laporan Resmi Analisa Semen Pemboran Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta*.
- [4] Akinwale, A. (2021). *Performance Evaluation of Local Material Rice Husk Ash under Downhole Conditions with the Addition of Basic Oil Well Additives Antifoam, Fluid Loss, Dispersant and Retarder on Oil Well Cementing*.
- [5] Almeahadi, R., Saleh, A., Abdulraheem, A., Bamgboye, A., Alaskar, M., AlJubran, K. (2019). *Effect of Pozzolanic Materials on the Performance of Oil Well Cement at Elevated Temperatures*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 178, 197.
- [6] Al-Shamry, A., Al-Muntasheri, G., Nasr-El-Din, H. (2012). *Optimizing Cement Slurry Performance with Dispersants*. *SPE Journal*, 17(1), 77-87. doi: 10.2118/146442-PA.
- [7] API, Specification 13A. "Specification for Drilling Fluid Materials". American Petroleum Institute.
- [8] API SPEC 10A: *Specification for Cements and Materials for Well Cementing*, 25th Edition. American Petroleum Institute.
- [9] Barret, P., Bertrandie, D. (1986). *Fundamental hydration kinetic features of the major cement constituents: Ca 3 SiO 5 and bCa 2 SiO 4*. *J. Chim. Phys.*, 83(11/12), 765–775.
- [10] Barret, P., Ménétrier, D., Bertrandie, D. (1983). *Mechanism of C 3 S dissolution and problem of the congruency in the very initial period and later on*. *Cem. Concr. Res.*, 13, 728–738.
- [11] Bourgoyne, A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E., Young, F.S. (1991). *Applied*

- Drilling Engineering. SPE. Richardson, TX.
- [12] API, specification 10B- 2, Cementing Book. American Petroleum Institute.
- [13] Chen, J., Zhang, Y., & Li, C. (2018). Effect of Dispersants on Rheological Properties of Oil Well Cement Slurries. *Petroleum Science and Technology*, 36(21), 1683-1690.
- [14] Elvina, W. (2015). Formulasi Dispersant Minyak Bumi dari Surfaktan Dietanolamida (DEA) dan Metil Ester Sulfonat (MES).
- [15] Gauffinet, Garault, S. (2012). The Rheology of Cement During Setting. Understanding the Rheology of Concrete 96-113 doi:10.1533/9780857095282.1.96.
- [16] Halliburton. (1987). Cementing Technology. Halliburton Services. Duncan, Oklahoma, USA.
- [17] Hossain, S., Hossain, M.I., Mannan, M.A., Kumar, S. (2018). The Effect of Dispersant Additives on the Properties of Portland Cement-Based Grouts. *Material Science Forum*, 929, 106-111. DOI: 10.4028/www.scientific.net /MSF.929.106.
- [18] Levy, S.M. (2012). Construction Calculation Manual. New York: McGraw-Hill Education.
- [19] Martha, B.I., Zabidi, L., Satiawati, L. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Lignosulfonate Pada Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G. Seminar Nasional Cendekiawan 2015, 248–253.
- [20] Nelson E.B. (1990). Well Cementing. Houston-Texas., Schlumberger Educational Series.
- [21] Oktaviani, Mega. (2014). Modul Resmi Praktikum Analisa Semen Pemboran. Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta.
- [22] Rubiandini, R.S. (2001). Diktat Kuliah Teknik Pemboran Dan Praktikum. Penerbit ITB. Bandung.
- [23] Rubiandini, Rudi. (2009). Teknik Operasi Pemboran. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [24] Rubiandini, Rudi (2012). Teknik Operasi Pemboran”. Edisi Pertama. Bandung:Penerbit ITB
- [25] Rubiandini, R. (2010). Teknik Pemboran: Drill-016b Percobaan II Viskositas, Gel Strength dan Atmosfer Filtration Loss. Bandung: ITB.
- [26] Shonowo, Z., Foo, S. Y., & Khaled, A. R. (2019). Effectiveness of Oil Spill Dispersants: A Review. *Petroleum Science and Engineering*, 182, 103-116.
- [27] Schmidt, D. (2010). Basic Drilling Technology, Petro Skill, Tulsa, Oklahoma.
- [28] Winarto. (2018). Diktat Teknik Pemboran. Akademi Migas Balongan.Indramayu, Indonesia. Wardrop, J.A. (1991). Chemical Dispersant Use in Oil Spill Management: Kill or Cure? The Controversy Persists. SPE-22999-MS.
- Young, J. F. (2001). Portland Cements. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 7768–7773. doi:10.1016/b0-08-043152-6/01398-x