

## ANALISIS *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *THICKENING TIME* SEMEN KELAS G DENGAN PENAMBAHAN *ADDITIVE SODIUM LIGNOSULFANATE* DAN $\text{CaCl}_2$ PADA SKALA LABORATORIUM

Cahaya Rosyidan<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Perminyakan-FTKE, Universitas Trisakti

<sup>2</sup> Email: [cahayarosyidan@gmail.com](mailto:cahayarosyidan@gmail.com)

### ABSTRAK

Fisika adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang alam semesta, baik mempelajari partikel yang berukuran kecil sampai dengan planet yang berukuran makro. Bidang kajiannya pun beragam dari mempelajari struktur bumi sampai dengan sistem tata surya. Salah satu penerapan ilmu fisika adalah di bidang industri perminyakan. Perkembangan teknologi perminyakan dewasa ini sangat pesat sekali, salah satunya adalah dalam pengeboran atau drilling. Operasi pemboran tidak pernah lepas atau mengabaikan penggunaan fluida pemboran. Fluida pemboran terdiri dari dua pekerjaan yakni rekayasa lumpur pemboran dan penyemenan. Penyemenan diperlukan supaya dapat mengurangi permasalahan sewaktu melakukan pemboran pada trayek selanjutnya. Tingkat keberhasilan penyemenan ditentukan oleh 2 hal yakni kualitas bahan penyemenan yang terdiri dari bahan dasar semen serta aditif dan teknik pelaksanaan penyemenan. Pada penambahan *Sodium Lignosulfonate* terjadi penurunan nilai *compressive strength* dan menaikkan nilai *thickening time* pada konsentrasi 1% adalah 255 menit dengan temperatur 80°F karena pada dasarnya additive ini bersifat retarder. Pengujian *additive Calcium Chloride* untuk nilai *compressive strength* sangat efektif pada konsentrasi 7% dengan hasil test 4483 psi pada temperatur 150°F, sedangkan pada temperatur 80°F dan 100°F hasil test yang didapat sebesar 2393 psi dan 2888 psi, sedangkan nilai *thickening time* menurun dikarenakan sifat additive ini sebagai *accelerator*.

Kata kunci: **Fluida, Penyemenan, Pengeboran.**

### ABSTRACT

Physics is a science that studies about the universe, even about the small-sized particles up to the macro-sized planets. The scope of the studies fields are diverse from studying about the structure of the earth until the solar system. One of physics application is in petroleum industry. Nowadays, the petroleum technology's development is very rapid, especially in drilling. The drilling operation never ignore the use of drilling fluid. There are two important steps in drilling, i.e. drilling mud engineering and cementing. Cementing is required in order to reduce the problems while drilling the next trajet. Cementing success rate is determined by two things, i.e. first one is the quality of cementing material that consist of the cement base material and additive; and the second one is cementing implementation technique. In the addition of *Sodium Lignosulfonate*, the compressive strength tends to decrease and the thickening time tends to increase at a concentration of 1% is 255 minutes with the temperature 80°. It is because basically this is the retarder additive. Testing additive *Calcium Chloride* for compressive strength value is very effective at a concentration of 7% with the test result is 4483 psi at temperatures 150°F, while at temperatures 80°F and 100°F the test results are 2393 psi and 2888 psi, while the value of thickening time decreased due to the nature of this additive as an accelerator.

Keyword: **Fluid, Cementing, Drilling.**

### PENDAHULUAN

Fisika adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang alam semesta, baik mempelajari partikel yang berukuran kecil sampai dengan planet yang berukuran makro. Bidang kajiannya pun beragam dari mempelajari struktur bumi sampai dengan sistem tata surya.

Salah satu penerapan ilmu fisika adalah di bidang industri perminyakan. Perkembangan teknologi perminyakan dewasa ini sangat pesat

sekali, salah satunya adalah dalam pengeboran atau drilling.

Operasi pemboran tidak pernah lepas atau mengabaikan penggunaan fluida pemboran. Fluida pemboran terdiri dari dua pekerjaan yakni rekayasa lumpur pemboran dan penyemenan.

Penyemenan diperlukan supaya dapat mengurangi permasalahan sewaktu melakukan pemboran pada trayek selanjutnya. Tingkat keberhasilan penyemenan ditentukan oleh 2 hal

yakni kualitas bahan penyemenan yang terdiri dari bahan dasar semen serta aditif dan teknik pelaksanaan penyemenan.

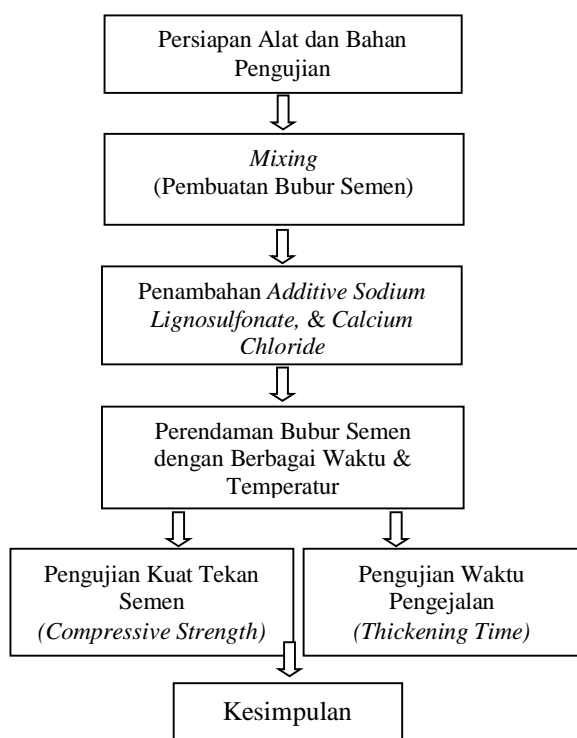
Penambahan additive ini berguna untuk membantu kegiatan penyemenan. Penelitian ini sebelumnya telah dilakukan oleh [2] yang menguji bahan *Sodium Lignosulfonate* sebagai *retarder* pada semen kelas G. kemudian oleh peneliti lainnya [3] telah menguji juga bahan *Calcium Chloride* sebagai *accelerator* terhadap sifat fisik semen kelas B.

Melihat pada penelitian yang sudah dilakukan, penulis ingin mencoba menggabungkan dan membandingkan kedua additive tersebut. Penambahan additive *Sodium Lignosulfonate* menyebabkan penurunan *compressive strength* dan menaikkan *thickening time*, sebaliknya penambahan *Calcium Chloride* menaikkan *compressive strength* dan menurunkan *thickening time*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lumpur Pemboran, Universitas Trisakti.

Secara umum skema diagram alir algoritma dari percobaan ini ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar1. Diagram alir penelitian.

Percobaan ini dilakukan dengan mengikuti pola diagram yang disajikan dalam gambar.1 di atas. Pada pengujian *compressive strength* dan *thickening time* pada jenis semen kelas G dengan tambahan additive *sodium lignosulfonate*, dan *calcium chloride* dengan waktu perendaman yaitu 24 jam serta perubahan temperatur yang diberikan adalah 80 °F, 100 °F, dan 150 °F. Percobaan ini dikerjakan berdasarkan standar dan persyaratan yang telah di

tetapkan oleh API dan ASTM., serta pengkondisian disesuaikan dengan temperatur yang sebenarnya pada saat kegiatan pemboran berlangsung.

### 1. Thickening Time

*Thickening time* didefinisikan sebagai panjang waktu yang diperlukan suspensi semen dalam bentuk fluida pada kondisi laboratorium untuk mencapai konsistensi sebesar 100 Uc (*unit of consistency*)[1]. Konsistensi sebesar 100 Uc merupakan batasan bagi suspensi semen masih dapat dipompakan lagi menurut standar API. Dalam penyemenan, sebenarnya yang dimaksud dengan konsistensi adalah viskositas, cuma dalam pengukurannya ada sedikit perbedaan prinsip, sehingga penggunaan konsistensi ini dapat dipakai untuk membedakan viskositas pada operasi penyemenan dengan viskositas pada operasi pemboran (lumpur pemboran).

Semen yang dipakai pada teknik pemboran gas dan panas bumi merupakan suspensi dari serbuk semen dengan jumlah air banyak dan mempunyai viskositas yang relatif rendah. *Thickening time* suspensi ini sangatlah penting. Waktu pemompaan harus lebih dari *thickening time*, karena bila tidak akan menyebabkan suspensi semen akan mengeras terlebih dahulu sebelum suspensi semen mencapai target yang diinginkan. Apabila mengeras di dalam casing merupakan kejadian yang sangat fatal dalam operasi pemboran selanjutnya. Pada program yang di aplikasikan dalam lapangan biasanya waktu ini dlebihkan 1 jam sampai 50 % lebih lama.[5]

### 2. Compressive Strength

*Compressive Strength* pada semen dibagi dua yaitu *Compressive Strength* dan *Shear strength*. *Compressive Strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan – tekanan yang berasal dari formasi maupun casing. Sedangkan *shear strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan gaya geser oleh berat casing. Pada kondisi normal semen akan mendapat gaya *compressive* yang menahan tekanan-tekanan dari arah horisontal dan *shear strength* menahan tekanan dari arah vertikal.[4]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, awal prosesnya hanya menggunakan bahan air dan semen. Setelah itu, campuran tersebut ditambahkan additive *Sodium Lignosulfonate* dengan konsentrasi sebesar 0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9; dan 1 (%) dan *Calcium Chloride* sebesar 1; 3; 5; 7; 9; dan 10 (%).

**1. Perhitungan Compressing strength dan thickening time additive Lignosulfonate**

**1.1 Perhitungan Compressing strength additive Lignosulfonate**

Berikut adalah tabel hasil penelitian untuk penambahan *additive Sodium Lignosulfonate* sebesar 0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9; dan 1 (%) dengan variasi temperatur 80 °F, 100 °F, dan 150 °F dan waktu perendaman selama 24 jam.

**Tabel 1**  
 Hasil Uji *Compressive Strength* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 80 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	447	1229
2	348.533	791.330	0.1	0.79	389	1070
3	348.533	788.963	0.3	2.37	338	930
4	348.533	785.031	0.5	3.93	288	792
5	348.533	779.541	0.7	5.49	237	652
6	348.533	772.502	0.9	7.04	166	457
7	348.533	764.692	1	7.81	135	371

**Tabel 2**  
 Hasil Uji *Compressive Strength* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 100 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	560	1540
2	348.533	791.330	0.1	0.79	512	1408
3	348.533	788.963	0.3	2.37	461	1268
4	348.533	785.031	0.5	3.93	420	1155
5	348.533	779.541	0.7	5.49	375	1031
6	348.533	772.502	0.9	7.04	328	902
7	348.533	764.692	1	7.81	254	699

**Tabel 3**  
 Hasil Uji *Compressive Strength* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 150 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	1052	2893
2	348.533	791.330	0.1	0.79	974	2679
3	348.533	788.963	0.3	2.37	893	2456
4	348.533	785.031	0.5	3.93	812	2233
5	348.533	779.541	0.7	5.49	732	2013
6	348.533	772.502	0.9	7.04	652	1793
7	348.533	764.692	1	7.81	572	1573

Perolehan Volume air dan Massa semen pada penyajian data di atas adalah melalui perhitungan di bawah ini, dimana : penambahan *additive Sodium Lignosulfonate* sebesar 0.1 % dengan variasi temperatur 80 °F, 100 °F, dan 150 °F dan waktu perendaman 24 jam.

- Perhitungan VTK :

$$\frac{100\%}{SG\ Semen} = \frac{100\%}{3.15} = 31.75\%$$

$$\frac{44\%}{SG\ Air} = \frac{44\%}{1} = 44\%$$

VTK adalah 75.75 %

- Perhitungan Massa Semen:

$$600 \frac{gr}{75.75\%} \times 100\% = 792.121\text{ gram}$$

- Perhitungan Volume Air :

$$\frac{600\text{ ml}}{Volume\ Total\ Komponen} \times 44\% = \frac{600\text{ ml}}{75.75\%} \times 44\% = 348.533\text{ ml}$$

MS adalah 792.121 gram dan VA adalah 348.533 ml

- Perhitungan MA *Sodium Lignosulfonate* :

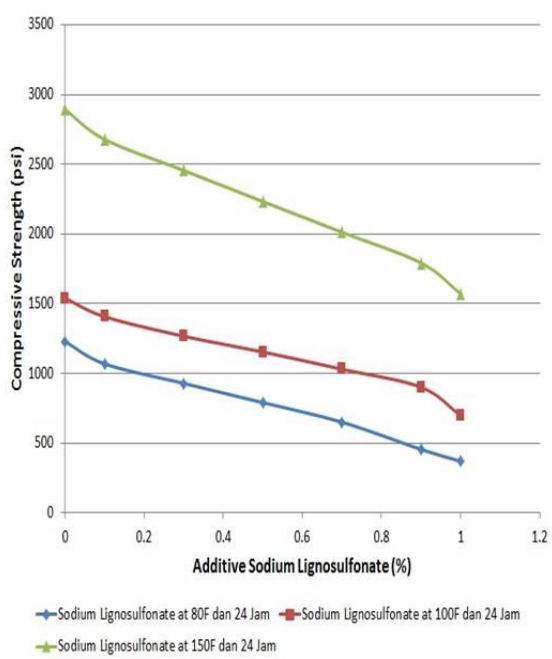
$$\frac{99.9\%}{SG\ Semen} = \frac{99.9\%}{3.15} = 31.71\%$$

$$\frac{Konsentrasi\ Additive\ (\%)}{SG\ Additive} = \frac{0.1}{1.3} = 0.0769\%$$

$$\frac{(600\text{ gr} - Volume\ Air)}{A} \times Konsentrasi\ Additive\ (\%) =$$

$$\frac{600\text{ gr} - 348.533}{31.71} \times 0.1 = 0.79\text{ gram}$$

Pada pembacaan grafik dibawah ini yang terlampir pada tabel 1 sampai tabel 3 terlihat bahwa penurunan terus terjadi dikarenakan sifat dari *additive* ini adalah memperlama waktu pengeringan. Sehingga yang terjadi ialah nilai *compressive strength* yang di dapat semakin mengecil. *Additive* ini digunakan pada zona penyemenan dalam karena hasil yang didapat pada temperatur yang diberikan 150 °F adalah yang tertinggi.



**Gambar 2.** Hubungan *Additive Sodium Lignosulfonate* terhadap *Compressive Strength*

**1.2 Perhitungan thickening time additive Lignosulfonate**

Waktu Pengejalan adalah waktu yang diperlukan suspensi semen untuk mencapai konsistensi sebesar 100 Bc (*Unit Of Consistency*).

**Tabel 4**  
 Hasil Uji *Thickening Time* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 80 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	75
2	348.533	791.330	0.1	0.79	90
3	348.533	788.963	0.3	2.37	105
4	348.533	785.031	0.5	3.93	120
5	348.533	779.541	0.7	5.49	135
6	348.533	772.502	0.9	7.04	150
7	348.533	764.692	1	7.81	165

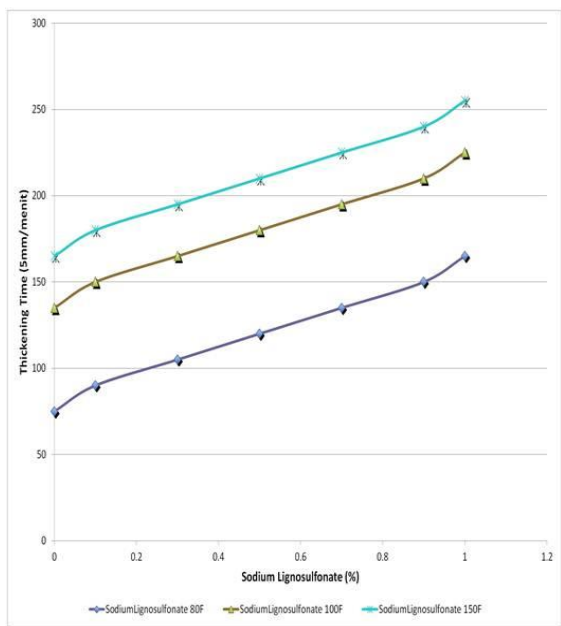
**Tabel 5**  
 Hasil Uji *Thickening Time* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 100 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	135
2	348.533	791.330	0.1	0.79	150
3	348.533	788.963	0.3	2.37	165
4	348.533	785.031	0.5	3.93	180
5	348.533	779.541	0.7	5.49	195
6	348.533	772.502	0.9	7.04	210
7	348.533	764.692	1	7.81	225

**Tabel 6**  
 Hasil Uji *Thickening Time* dengan tambahan *Sodium Lignosulfonate* pada temperatur 150 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	165
2	348.533	791.330	0.1	0.79	180
3	348.533	788.963	0.3	2.37	195
4	348.533	785.031	0.5	3.93	210
5	348.533	779.541	0.7	5.49	225
6	348.533	772.502	0.9	7.04	240
7	348.533	764.692	1	7.81	255

Pada pembacaan grafik dibawah yang terlampir pada tabel 4 sampai tabel 6 terlihat bahwa terjadi kenaikan. Karena *additive* ini bersifat *retarder*, maka hasil yang di dapat bahwa nilai *thickening time*-nya akan selalu meningkat atau semakin lama mengering. *Additive* ini cocok untuk pekerjaan penyemenan pada zona dalam, karena dibutuhkan waktu pengejalan yang lama agar bubur semen dapat dipompakan sampai target sebelum mengering.



Gambar 3. Hubungan Additive Sodium Lignosulfonate terhadap Thickening Time

2. Perhitungan Compressing strength dan thickening time additive Lignosulfonate

2.1 Perhitungan Compressing strength additive Calcium Chloride

Berikut ini adalah tabel hasil penelitian untuk penambahan additive Calcium Chloride adalah sebesar 1; 3; 5; 7; 9; dan 10 (%) dengan variasi temperatur yang diberikan 80 °F, 100 °F, dan 150 °F dan waktu perendaman selama 24 jam.

Tabel 7  
 Hasil Uji Compressive Strength dengan tambahan Calcium Chloride pada temperatur 80 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength (psi)	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	447	1229
2	348.533	784.235	1	7.89	532	1463
3	348.533	760.789	3	23.45	616	1694
4	348.533	722.058	5	38.73	701	1928
5	348.533	668.308	7	53.75	785	2159
6	348.533	599.802	9	68.51	870	2393
7	348.533	524.013	10	75.79	780	2145

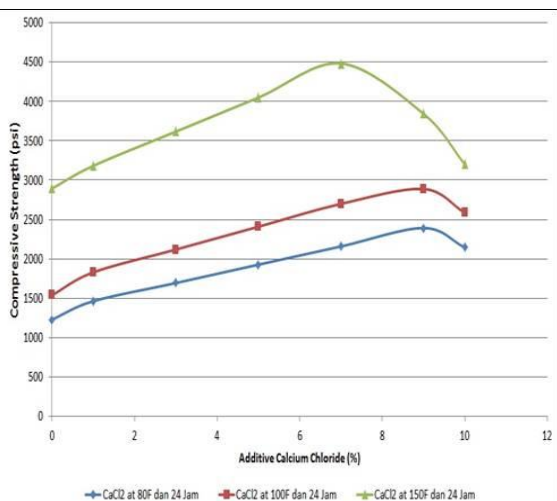
Tabel 8  
 Hasil Uji Compressive Strength dengan tambahan Calcium Chloride pada temperatur 100 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength (psi)	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	560	1539
2	348.533	784.235	1	7.89	665	1829
3	348.533	760.789	3	23.45	771	2119
4	348.533	722.058	5	38.73	876	2409
5	348.533	668.308	7	53.75	982	2700
6	348.533	599.802	9	68.51	1050	2888
7	348.533	524.013	10	75.79	940	2585

Tabel 9  
 Hasil Uji Compressive Strength dengan tambahan Calcium Chloride pada temperature 150 °F dan 24 Jam

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN			
			Aditif		Compressive Strength (psi)	
			%	gram	Div	Psi
1	348.533	792.121	0	0	1052	2893
2	348.533	784.235	1	7.89	1157	3182
3	348.533	760.789	3	23.45	1315	3616
4	348.533	722.058	5	38.73	1472	4048
5	348.533	668.308	7	53.75	1630	4483
6	348.533	599.802	9	68.51	1397	3842
7	348.533	524.013	10	75.79	1164	3201

Pada pembacaan grafik dibawah yang terlampir pada tabel 7 sampai tabel 9 terlihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan. Additive ini bekerja dengan sangat baik, karena hasil untuk nilai compressive strength-nya terlihat sangat besar tanpa perlu ada tambahan additive yang lain. Pada konsentrasi 7 % dengan temperatur 150 °F terjadi nilai maksimum compressive strength pada penambahan additive Calcium Chloride sedangkan pada temperatur 80 °F dan 100 °F terjadi nilai maksimum pada konsentrasi 9 %.



Gambar 4. Hubungan Additive Sodium Calcium Chloride terhadap Compressive Strength

2.2 Perhitungan thickening time additive Lignosulfonate

Perhitungan thickening time di sajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 10 Hasil Uji Thickening Time dengan tambahan Calcium Chloride pada temperatur 80 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	165
2	348.533	784.235	1	7.89	135
3	348.533	760.789	3	23.45	120
4	348.533	722.058	5	38.73	105
5	348.533	668.308	7	53.75	90
6	348.533	599.802	9	68.51	60
7	348.533	524.013	10	75.79	75

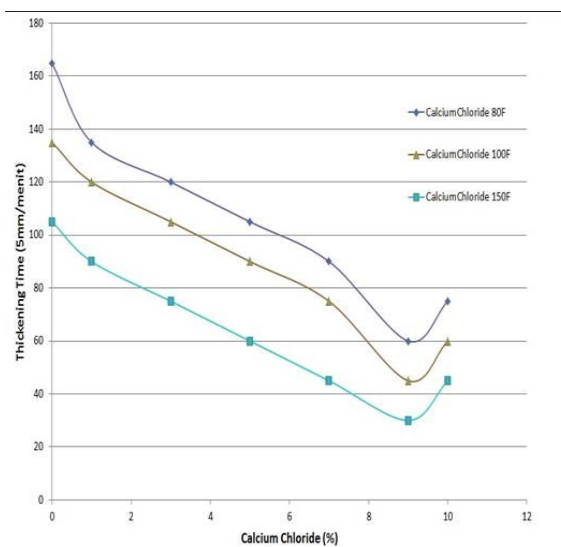
Tabel 11 Hasil Uji Thickening Time dengan tambahan Calcium Chloride pada temperatur 100 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	135
2	348.533	784.235	1	7.89	120
3	348.533	760.789	3	23.45	105
4	348.533	722.058	5	38.73	90
5	348.533	668.308	7	53.75	75
6	348.533	599.802	9	68.51	45
7	348.533	524.013	10	75.79	60

Tabel 12 Hasil Uji Thickening Time dengan tambahan Calcium Chloride pada temperatur 150 °F

No	Air (ml)	Semen (gram)	KETERANGAN		
			Aditif		Thickening Time (menit)
			%	gram	
1	348.533	792.121	0	0	105
2	348.533	784.235	1	7.89	90
3	348.533	760.789	3	23.45	75
4	348.533	722.058	5	38.73	60
5	348.533	668.308	7	53.75	45
6	348.533	599.802	9	68.51	30
7	348.533	524.013	10	75.79	45

Pada pembacaan grafik dibawah yang terlampir pada tabel 10 sampai tabel 12 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai thickening timenya. Karena additive ini bersifat accelerator, maka hasil yang di dapat bahwa nilai thickening time-nya akan selalu menurun seiring ditambahkannya konsentrasi additive Calcium Chloride. Namun, pada konsentrasi 7 % yang diberikan, terlihat pada titik tersebut additive dapat bekerja secara maksimal seiring dengan fungsi dari additive Calcium Chloride adalah accelerator.



Gambar 5. Hubungan Additive Sodium Calcium Chloride terhadap Thickening Time

KESIMPULAN

Dari uraian serta pembahasan yang telah penulis jelaskan, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan dari hasil yang telah dilakukan terhadap penambahan additive Sodium Lignosulfonate, dan Calcium Chloride, adalah sebagai berikut :

1. Pengujian pada additive Sodium Lignosulfonate terjadi penurunan kuat tekan semen (compressive strength) setiap penambahan

- konsentrasi. Dikarenakan *additive* ini bersifat *retarder*.
2. Pada *additive Sodium Lignosulfonate* nilai *thickening time* yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi 1 % dan temperatur 80 °F dengan hasil test 255 menit.
  3. Dari hasil keseluruhan data dan grafik yang terlampir di lampiran, *additive Sodium Lignosulfonate* bagus digunakan untuk pekerjaan penyemenan sumur dalam karena memiliki nilai *thickening time* yang lama dan temperatur yang tinggi.
  4. Pengujian pada *additive Calcium Chloride* untuk nilai *compressive strength* sangat efektif pada konsentrasi 7 %, waktu perendaman 24 jam dan temperatur 150 °F dengan hasil test 4483 psi. Sedangkan, pada temperatur 80 °F dan 100 °F, nilai maksimum *compressive strength* untuk *additive Calcium Chloride* terjadi pada konsentrasi 9 % dengan hasil test 2393 psi dan 2888 psi.
  5. Berdasarkan dari data yang telah disajikan, temperatur sangat berperan penting dalam pengujian waktu pengejalan (*thickening time*) suatu sampel semen. Namun untuk waktu perendaman (*curing time*) tidak berpengaruh dalam penambahan *additive Sodium Lignosulfonate* maupun *Calcium Chloride*.

#### REFERENSI

- API Spec. 10A, Specification for Cements and Materials for Well Cementing, 23rd edition. 2002. Washington, DC: API.
- Rahmanto, Arif Eka. 2011. *Study Pengaruh Kuat Tekan Semen Pemboran Class –G Dengan Pemakaian Additive Cfr-2 Dan Lignosulfat Terhadap Variasi Waktu Dan Temperatur*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Reza, Muhammad. 2015. *Pengaruh Penambahan Accelerator “CaCl<sub>2</sub>”, “NaCl”, Dan “Nano3” Sebagai Additive Semen Kelas B Terhadap Thickening Time, Compressive Strength, Dan Rheology Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (Bhct)*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- Rubiandini, Rudi. 2012. *Teknik Operasi Pemboran*. Volume 1, ITB: Bandung.