

## **STUDI LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN LIGNOSULFONATE PADA COMPRESSIVE STRENGTH DAN THICKENING TIME PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G**

Bagus Ichwan Martha, Lilik Zabidi, Listiana Satiawati

### **Abstrak**

Semen pemboran merupakan faktor yang sangat penting dalam pemboran. Semen berfungsi sebagai perekat casing dengan dinding formasi. Sifat fisik yang terdapat didalam semen juga harus diperhitungkan guna mendapatkan hasil yang maksimal dan waktu yang ekonomis dalam pengerjaannya. Aditif adalah bahan yang digunakan untuk merubah sifat-sifat fisik yang terdapat di dalam lumpur. Banyak sekali aditif yang dapat digunakan untuk merubah sifat fisik dari semen, salah satunya adalah Lignosulfonate. Lignosulfonate digunakan untuk memperlambat salah satu sifat fisik semen yaitu waktu pengerasan. Waktu pengerasan dapat dirubah dengan cara menambahkan Lignosulfonate tersebut ke dalam komposisi semen. Studi yang disajikan ini berjudul "STUDI LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN LIGNOSULFONATE TERHADAP COMPRESSIVE STRENGTH DAN THICKENING TIME PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G", bertujuan menganalisa dan menentukan waktu maksimal yang dapat dicapai dan tekanan maksimal yang dapat dicapai oleh semen yang ditambahkan aditif Lignosulfonate kedalamnya. Percobaan dilakukan di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Trisakti – Jakarta, dengan cara membuat komposisi semen yang ditambahkan aditif dalam jumlah tertentu yang akan diuji kuat tekan dan waktu kerasnya. Hasil yang didapatkan akan berbeda – beda berdasarkan jumlah aditif yang ditambahkan ke dalam bubuk semen. Dari berbagai hasil yang didapatkan, dapat diambil kesimpulan sejauh apakah zat aditif berperan dalam komposisi semen tersebut dan beerapakah kuat tekan dan waktu pengerasan maksimal yang dapat dicapai oleh suspensi semen tersebut.

### **Pendahuluan**

Pada dasarnya operasi penyemenan sumur akan dianggap berhasil apabila diperoleh hasil dari tes semen yang sesuai dengan yang diharapkan. Keberhasilan ini tidak lepas dari penggunaan disain semen, hal ini meliputi pemilihan jenis semen, penentuan komposisi yang tepat, penambahan aditif yang sesuai, penentuan komposisi yang tepat dan lain-lain, sehingga didapat adonan semen yang baik. Operasi penyemenan dalam pemboran dapat juga mengalami kegagalan, sehingga akan mendapatkan kerugian yang signifikan, diantaranya kerugian material, waktu maupun kerugian dalam hal biaya. Penyebab kegagalan penyemenan bisa disebabkan oleh mekanisme pendorongan bubuk semen yang tidak sempurna, sehingga annulus tidak terisi penuh dengan bubuk semen. Hal lain juga bisa disebabkan oleh tidak baiknya dalam perencanaan pembuatan bubuk semen yang dilakukan di laboratorium.

Untuk menghindari hal-hal di atas, perlu dilakukan percobaan di laboratorium, dengan penambahan berbagai konsentrasi accelelator aditif pada bubuk semen untuk mendapatkan formulasi komposisi yang optimum, sehingga bubuk semen dapat berfungsi baik.

Tujuan dilakukannya operasi penyemenan selubung sumur minyak dan gas bumi, yaitu :

- a. Mencegah kerusakan rangkaian selubung akibat korosi oleh cairan – cairan yang ada di formasi bersifat asam tinggi.
- b. Menahan (memegang) selubung, yaitu selubung disemen sampai ke permukaan, sehingga akan menahan semua berat dari selubung.
- c. Menutup zona hilang sirkulasi atau zona bertekanan abnormal.

d. Memisahkan lapisan – lapisan produktif dengan lapisan yang tidak produktif.

Penelitian sifat fisik bubuk semen ini dilakukan di Laboratorium Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi bubuk semen dengan penambahan accelerator dengan berbagai konsentrasi yang optimum, sehingga bubuk semen tersebut mempunyai sifat-sifat fisik yang memenuhi persyaratan sesuai dengan kondisi temperatur dan tekanan formasi pada sumur yang bersangkutan. Semen yang akan digunakan harus diuji di laboratorium dengan mengacu pada pedoman uji mutu yang telah direkomendasikan oleh API (American of Petroleum Insitute) Spec.10-A.

Setelah uji mutu terhadap semen dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian komposisi bubuk semen terhadap Kuat Tekan (*Compressive Strength*) dan Waktu Pengerasan (*Thickening Time*), sehingga dapat memenuhi kriteria *slurry design* yang diinginkan.

Dalam beberapa percobaan yang telah dilakukan di laboratorium, maka akan diperoleh formulasi komposisi bubuk semen yang optimal. Dengan demikian dapat diketahui data-data hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium tersebut, sehingga dapat disimpulkan formulasi yang paling baik dari berbagai penambahan konsentrasi aditif.

### **Teori Dasar**

Fungsi utama dari semen pemboran tersebut ialah untuk menyekat lubang annulus antara dinding batuan dengan casing supaya tidak ada komunikasi antara lapisan batuan.

Secara umum, fungsi semen dalam pemboran sumur adalah sebagai berikut :

1. Melekatkan antara casing dengan dinding formasi, agar kokoh dan kuat sehingga casing dapat berfungsi dengan sempurna.
2. Melindungi casing dari pengaruh lingkungan di sekitarnya yang dapat merusak casing, seperti suhu, tekanan yang tinggi dari formasi dan korosifitas dari fluida formasi.
3. Menutup zona *lost circulation*.
4. Mengisolasi zona di belakang casing agar tidak terjadi komunikasi antar zona.
5. Mencegah penyusupan gas atau fluida formasi bertekanan tinggi ke ruang antar casing dengan dinding lubang bor.
6. Memperkecil *gas oil ratio* dan *water oil ratio*.
7. Menutup zona yang tidak diperlukan.
8. Memperbaiki kesalahan letak perforasi.

Aditif semen atau zat-zat tambahan adalah material-material yang ditambahkan pada semen untuk memberikan variasi yang lebih luas pada sifat-sifat bubuk semen, agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Aditif semen ini penting sekali dalam perencanaan bubuk semen, karena dapat digunakan untuk :

1. Menaikkan atau menurunkan densitas.
2. Menaikkan kekuatan (strength).
3. Mempercepat atau memperlambat waktupengerasan.
4. Mengatur hilangnya air tapisan ke formasi.
5. Menaikkan daya tahan semen terhadap cairan korosif.
6. Menaikkan atau menurunkan kekentalan (viscositas).
7. Mencegah hilangnya sirkulasi semen.

Umumnya aditif-aditif tersebut berupa bubuk yang dapat dicampur dengan bubuk semen sebelum diaduk dengan air. Pencampuran dilakukan dengan menghitung jumlah berat additive yang kemudian akan ditentukan berat yang akan digunakan dalam analisa. Analisa yang dilakukan adalah Analisa Kuantitatif dimana yang dianalisa adalah jumlah atau berat kandungannya. Kuantitatif aditif dalam bubuk semen biasanya dinyatakan dalam persen berat bubuk semen atau % BWOC (by weight of cement).

*Retarder* adalah aditif yang digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan semen, sehingga waktu pemompaan bubuk semen dapat diperpanjang. *Retarder* terutama digunakan pada sumur-sumur dengan kedalaman antara 6.000-25.000 ft, dimana temperatur di dasar sumur dapat mencapai 170 °F sampai dengan 500°F. *Retarder* ditambahkan pada bubuk semen murni untuk mencegah semen cepat mengeras, dalam hal ini *retarder* yang digunakan haruslah dipilih agar benar-benar cocok dengan material penyusun semen itu sendiri.

Beberapa aditif yang sering digunakan sebagai retarder adalah *Calcium Lignosulfonate* dan *Carboxymethyl Hydroxythyl Cellulose* (CMHEC).

- Lignosulfonate

*Lignosulfonate* merupakan polymer yang terbuat dari pulp. Umumnya dengan kadar 0,1-1,5 % BWOC (*by weight on cement*) efektif dicampurkan kedalam bubuk semen untuk berfungsi sebagai retarder. *Lignosulfonate* bila ditambah dengan sodium borat dapat bertahan sebagai *retarder* hingga temperatur 315 °C (600 °F).

### Sifat Fisik Semen Pemboran

Bubuk semen yang dibuat haruslah disesuaikan dengan sifat-sifat formasi yang akan disemen. Oleh karena itu, ada beberapa macam sifat fisik semen yang perlu dibahas yaitu Densitas, Waktu pengerasan (*Thickening Time*), Viskositas, *Fluid Loss*, Kadar air bebas (*Free Water Content*), perbandingan air dengan semen (*Water Cement Ratio*), permeabilitas, dan Kuat Tekan (*Compressive Strength*).

### Densitas Semen

Densitas bubuk semen didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah berat bubuk semen, berat air pencampur dan berat aditif terhadap volume bubuk semen, air pencampur dan aditif. Dirumuskan sebagai berikut :

$$D_{bs} = \frac{G_{bk} + G_w + G_a}{V_{bk} + V_w + V_a} \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana :

- $D_{bs}$  = Densitas bubuk semen ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $G_{bk}$  = Berat semen (gr).
- $G_w$  = Berat air (gr).
- $G_a$  = Berat aditif (gr).
- $V_{bk}$  = Volume semen (cc).
- $V_w$  = Volume air (cc).
- $V_a$  = Volume aditif (cc).

Densitas bubuk semen sangat berpengaruh terhadap tekanan hidrositas bubuk semen didalam lubang sumur. Bila formasi tidak sanggup menahan tekanan bubuk semen, maka akan menyebabkan pecah formasi, sehingga terjadi *Lost Circulation*. Densitas bubuk semen yang rendah sering digunakan dalam operasi *primary cementing* dan *squeeze*

*cementing* guna menghindari terjadinya *fracture* pada formasi yang lemah. Untuk menurunkan densitas dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Menambah clay atau zat-zat kimia silikat jenis extender.
2. Menambah bahan-bahan yang dapat memperbesar volume bubuk semen, seperti pozzolan.

Sedangkan densitas bubuk semen yang tinggi digunakan bila tekanan formasi cukup besar. Densitas bubuk semen dapat dinaikkan dengan menambahkan pasir atau material-material pemberat ke dalam bubuk semen, seperti *barite*.

Bubuk semen mempunyai densitas berkisar antara 11,5 – 19,0 ppg. Pengukuran densitas bubuk semen di laboratorium berdasarkan dari data berat dan volume tiap komponen yang ada dalam bubuk semen, sedangkan di lapangan dengan menggunakan alat "*Pressurized Mud Balance*".

### **Thickening Time**

Thickening time adalah waktu yang diperlukan oleh bubuk semen untuk mencapai harga consistency 100 BC (*Bearden Unit of Consistency*). Harga 100 BC tersebut dianggap sebagai batas maksimum dimana bubuk semen biasa masih bisa dipompakan karena bubuk semen didalam hidrasi dengan air menyebabkan *consistency*-nya semakin baik. Harga consistency yang dinyatakan dalam BC sebenarnya merupakan harga viskositas dari bubuk semen yang diukur dengan alat *consistometer*.

Nilai *thickening time* yang diperlukan tergantung dari kedalaman penyemenan, volume bubuk semen yang akan dipompakan serta jenis penyemenan. Umumnya *thickening time* adalah 3 – 3,5 jam, untuk penyemenan pada kedalaman 6000 - 18000 ft. Waktu tersebut termasuk waktu pembuatan bubuk semen sampai penempatan semen dibelakang casing ditambah dengan harga *safety factor*, sedangkan pada penyemenan yang lebih dalam dimana tekanan dan temperatur akan semakin tinggi diperlukan aditif-aditif untuk memperlambat *thickening time*.

Bila semen mengeras didalam casing merupakan problema yang fatal bagi operasi pemboran selanjutnya. Waktu pemompaan yang maksimum umumnya disamakan dengan *thickening time* dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Waktu pemompaan dipengaruhi oleh tinggi kolom dan volume bubuk semen yang harus dipompakan, kecepatan laju pemompaan dan temperatur operasi sumur.

### **Compressive Strength Dan Shear Strength**

Kekuatan (*strength*) pada semen terbagi dua yaitu compressive strength dan shear strength. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan-tekanan yang berasal dari arah horizontal, sedangkan shear strength didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan beban/tekanan dari arah vertikal.

Pada temperatur tinggi (diatas 100<sup>0</sup>C) akan terjadi gangguan pada strength semen yang dikenal dengan istilah "*strength retrogration*". Hal ini dikarenakan oleh munculnya *Alpha Dicalcium Sillicate Hydrate* ( $\alpha - C_2SH$ ) yang mengubah komposisi komponen semen sehingga menyebabkan *strength* menurun bahkan tidak ada.

Dalam mengukur *strength* semen seringkali yang diukur adalah *compressive strength* dari *shear strength*. Umumnya *compressive strength* mempunyai harga 8 - 10 kali lebih besar dari harga *shear strength*. Pengujian *compressive strength* di laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat *Hydraulic Mortar* yang merupakan mesin pemecah semen. *Strength* minimum yang direkomendasikan oleh API adalah 6,7 Mpa (1.000 psi).

Untuk menghitung kuat tekan semen digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2-2)$$

dimana :

C<sub>s</sub> = Compressive strength semen, psi.

P = Pembebanan maksimum, pound.

A = Luas permukaan sampel semen, inch<sup>2</sup>.

## Hasil dan Pembahasan

Penambahan *Lignosulfonate* sangat berpengaruh terhadap waktu pengerasan karena memiliki sifat retarder yaitu aditif yang digunakan untuk memperlambat proses pengerasan semen, sehingga semen dapat mengeras sesuai dengan keadaan dan kondisi yang diinginkan.

Pada pengamatan pada sifat fisik komposisi bubuk semen dalam percobaan ini didapatkan hasil yang bisa kita lihat pada tabel 4.1 yang merupakan tabel data hasil uji waktu pengerasan semen. Data dari tabel 4.1 yang dihasilkan, didapatkan grafik 4.1 yang merupakan grafik hasil uji waktu pengerasan semen pada temperatur yang berbeda dengan komposisi yang telah dihitung sebelumnya,

Pada saat suhu 30°C, waktu maksimum yang dapat dicapai sebelum semen mengeras adalah 142 menit dengan komposisi aditif 0% sedangkan waktu terendah yang didapat adalah 92 menit dengan penambahan aditif 8%. Untuk waktu maksimum yang dapat dicapai saat suhu 60°C adalah 175 menit dengan penambahan aditif 10% sedangkan waktu terendah yang dapat dicapai adalah 90 menit dengan penambahan aditif 7%. Untuk suhu 80°C waktu maksimum yang dapat dicapai adalah 138 menit dengan penambahan aditif 9%.

Dari hasil uji *compressive strength* pada waktu curing 16 jam, didapatkan hasil kuat tekan maksimum pada suhu 30 °C adalah 1330 Psi yaitu pada konsentrasi aditif 8 % ,sedangkan pada suhu 60 °C menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 1529 Psi, pada konsentrasi aditif 7 % dan pada suhu 80 °C adalah 2039 Psi pada konsentrasi 5%.

## Kesimpulan dan Saran

1. *Thickening time* pada temperatur 30 °C terjadi penurunan pada konsentrasi aditif 0 % - 9 % yaitu 142 menit, 138 menit, 136 menit, 131 menit, 126 menit, 122 menit, 118 menit, 113 menit, 98 menit dan 92 menit. Peningkatan didapat pada konsentrasi aditif 10% yaitu 104 menit. Sehingga penurunan *Thickening Time* dapat diturunkan hingga 92 menit dengan menggunakan 0% - 9% campuran *Lignosulfonate*.
2. *Thickening time* pada temperatur 60 °C terjadi penurunan pada konsentrasi aditif 0% - 7% yaitu 130 menit, 125 menit, 120 menit, 114 menit, 108 menit, 102 menit, 96 menit dan 90 menit. Peningkatan didapat pada konsentrasi aditif 8% yaitu 118 menit. Sehingga penurunan *Thickening Time* dapat diturunkan hingga 90 menit dengan menggunakan 0% - 7% campuran *Lignosulfonate*.
3. *Thickening time* pada temperatur 80 °C terjadi penurunan pada konsentrasi aditif 0% - 5% yaitu 128 menit, 125 menit, 119 menit, 113 menit, 97 menit, dan 90 menit. Peningkatan didapat pada konsentrasi aditif 6% yaitu 102 menit. Sehingga penurunan *Thickening Time* dapat diturunkan hingga 90 menit dengan menggunakan 0% - 5% campuran *Lignosulfonate*.
4. Kuat tekan maksimum pada waktu curing 16 jam pada suhu 30 °C ialah 1330Psi yaitu pada konsentrasi aditif 8% ,

5. Kuat tekan maksimum pada waktu curing 16 jam pada suhu 60°C menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 1529 Psi, pada konsentrasi additif 7%.
6. Kuat tekan maksimum pada waktu curing 16 jam pada suhu 80°C ialah 2039Psi yaitu pada konsentrasi additif 5%.
7. *Lignosulfonate* berpengaruh untuk memperlambat proses pengerasan suspensi semen sehingga semen mempunyai waktu yang cukup untuk mencapai kedalaman target yang diinginkan.

### Daftar Simbol

Psi	=	Satuan Tekanan
m	=	Satuan Panjang (meter)
s	=	Satuan Waktu (detik)
Uc	=	Unit of Consistency
T	=	Temperatur
t	=	Waktu Pengukuran
°C	=	Derajat Celcius
°F	=	Derajat Fahrenheit
SG	=	Spesific Gravity
API	=	American Petroleum Institute
Cs	=	Compressive Strength

### Daftar Pustaka

API Specification for Material and Testing for Well Cement," API Spec 10, 4" Edition, 1988.

Nelson, E. B., "Well Cementing", Schlumberger Educational Service, Houston, Texas, 1990.

Penuntun Praktikum Teknik Lumpur Pemboran, Laboratorium Teknik Pemboran Dan Produksi, Jurusan Teknik Perminyakan, Jakarta, 2001.

Rubiandini, Rudi, "Teknik Operasi Pemboran", Departemen Teknik Perminyakan ITB, Bandung, 2012.

Rubiandini, Rudi, "Teknik Pemboran Lanjut", Departemen Teknik Perminyakan ITB, Bandung, 2012.