

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF BERBAHAN DASAR GLUKOSA TERHADAP *SETTING TIME* DAN *STRENGTH* SEMEN PEMBORAN

Hastowo Resesiyanto^{*)}, Riris Setyowati

Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua,
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari
Telp./ Fax. (0986)215661/ (0986)214739

^{*)}Penulis Korespondensi: h.yanto@unipa.ac.id

Abstract

Oil well cement is a cement commonly used in the petroleum industry, especially in cementing operations. This cement is a type of Portland cement and is anhydrous, meaning that the components in the cement will break up and form hydrate components when meeting water and then slowly harden. In the preparation of cement suspensions and during cementing operations, the physical properties of cement suspensions must always be considered because they will affect the quality of cementing results. Research was conducted on a laboratory scale based on experiments to test the physical properties of drilling cement. The experiment aims to test the compressive strength of cement rock and the setting time in the form of initial and final setting time required by the cement suspension to harden as a result of the addition of glucose-based additives. The test results showed that the greater the concentration of glucose-based additives added to the drilling cement suspension, the longer the setting time of the cement suspension and the lower the strength of the cement rock.

Keywords: *compressive strength, drilling cement, , final setting time, initial setting time*

Abstrak

Oil well cement merupakan semen yang biasa digunakan dalam industri perminyakan khususnya dalam operasi penyemenan. Semen ini merupakan jenis semen Portland dan bersifat anhydrous, dalam arti komponen dalam semen akan pecah dan membentuk komponen hidrat saat bertemu air dan kemudian secara perlahan akan mengeras. Dalam pembuatan suspensi semen dan pada saat operasi penyemenan, sifat fisik suspensi semen harus selalu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap kualitas hasil penyemenan. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium berdasarkan eksperimen untuk menguji sifat fisik semen pemboran. Percobaan yang dilakukan bertujuan untuk menguji kekuatan tekan batuan semen dan *setting time* berupa *initial setting time* dan *final setting time* yang diperlukan oleh suspensi semen untuk mengeras sebagai akibat penambahan aditif berbahan dasar glukosa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan kedalam suspensi semen pemboran mengakibatkan waktu pengerasan suspensi semen menjadi lebih lama dan kekuatan batuan semen menjadi berkurang.

Kata kunci: *kekuatan tekan, semen pemboran, final setting time, initial setting time*

PENDAHULUAN

Dalam industri perminyakan, semen yang digunakan dalam operasi penyemenan sumur pemboran adalah *Oil Well Cement* (OWC), semen ini merupakan semen *Portland* yang dikembangkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824. Semen *Portland* terdiri atas empat komponen mineral utama yaitu *Tricalcium Silicate* (C₃S), *Dicalcium Silicate* (C₂S), *Tricalcium Aluminate* (C₃A) dan *Tetracalcium Aluminoferrite* (C₄AF).

Keempat mineral utama tersebut akan memberikan karakteristik yang berbeda pada sifat-sifat semen *Portland* (pemboran). Menurut Adam (1989), C₃S berperan dalam memberikan kekuatan maksimum khususnya pada awal proses pengerasan semen. Laju hidrasi semen akan dihambat oleh C₂S,

dan C₃A akan mempengaruhi *setting time* semen Portland. Sementara itu, C₄AF akan berperan dalam menurunkan panas hasil reaksi atau hidrasi semen.

Dalam proses pembuatan dan operasi penyemenan, sifat semen pemboran menjadi faktor yang sangat penting. Sifat ini harus selalu menjadi perhatian khusus karena akan mempengaruhi kualitas hasil penyemenan. Sifat-sifat semen yang dimaksud antara lain: bubuk semen, densitas bubuk semen, *fluid loss*, karakteristik aliran, *thickening time* dan sifat dari batuan semen.

Setting time merupakan salah satu sifat yang dimiliki bubuk semen di mana sifat ini akan berpengaruh terhadap waktu pemompaan bubuk semen kedalam lubang bor. Waktu yang dibutuhkan dalam pemompaan bubuk semen harus lebih rendah

dari *thickening time* agar bubur semen tidak mengeras sebelum pekerjaan penyemenan selesai. Untuk penyemenan pada sumur dalam dan kolom penyemenan yang panjang, maka waktu pemompaan akan bertambah lebih lama sehingga *thickening time* harus diperlambat.

Strength merupakan sifat yang dimiliki oleh batuan semen. Pada batuan semen, *strength* diklasifikasikan menjadi *compressive strength* dan *shear bond strength*. *Compressive strength* merupakan kekuatan batuan semen dalam menahan tekanan yang berasal dari formasi (samping) sedangkan *shear bond strength* merupakan kekuatan batuan semen dalam menahan berat *casing* (pipa selubung). Nilai *strength* pada batuan semen sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur pengondisian, tekanan pengondisian, lama waktu pengerasan, kadar air serta tingkat kehalusan butiran semen. Dalam pengukuran *strength* semen, seringkali yang di ukur adalah perbandingan antara *compressive strength* dan *shear bond strength*. Hal ini terjadi karena batuan semen menerima beban yang berasal dari dua arah (luar dan dalam) akibat formasi batuan yang tidak stabil setelah dilakukannya pemboran. Kekuatan minimum yang direkomendasikan oleh *American Petroleum Institute* (API) adalah sebesar 1.000 psi (6,7 MPa).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium berdasarkan eksperimen untuk menguji sifat fisik semen pemboran. Percobaan yang dilakukan bertujuan untuk menguji perubahan *setting time* (*initial* dan *final setting time*) suspensi semen dan *compressive strength* batuan semen sebagai akibat dari penambahan aditif berbahan dasar glukosa. Pengujian sifat-sifat semen pemboran yang lain tidak dilakukan.

Alat

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan antara lain:

1. Ayakan semen ukuran 100 *mesh*
2. Timbangan elektrik
3. Gelas ukur
4. Alat pengaduk
5. Thermometer
6. Cetakan silinder *casing* ukuran 6 x 6,9 cm
7. Cetakan sampel kubus ukuran 5 x 5 cm
8. *Water bath*
9. Vicat penetrometer
10. *Hydraulic press*

Bahan

- A. Semen
Semen pemboran kelas A yang di produksi PT. Semen "G".
- B. Aditif
Aditif yang digunakan dalam bentuk cair dan berbahan dasar glukosa. Konsentrasi aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah sebesar

0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04%; 0,05%; 0,06%; 0,07%; 0,08%; 0,09% dan 0,1 % *By Weight On Cement* (BWOC).

C. Aquades

Aquades berfungsi sebagai fluida pencampur, dengan persentase *Water Cement Ratio* (WCR) tidak melebihi 46% BWOC.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari empat tahapan yaitu:

Pembuatan Suspensi Semen Dasar dan Suspensi Semen + Aditif

Penelitian diawali dengan pembuatan suspensi semen dasar dan suspensi semen dengan campuran aditif. Terdapat 2 bentuk aditif yang digunakan yaitu:

- a) Aditif padatan, berdasarkan persen (%) berat yang dibutuhkan.
- b) Aditif cairan, perbandingan volume aditif dengan volume air yang dibutuhkan.

Pembuatan Cetakan Sampel Semen Keras

Setelah suspensi semen dibuat akan dituangkan ke dalam cetakan sampel kubus ukuran 5 x 5 cm dan cetakan silinder *casing* ukuran 6 x 6,9 cm, selanjutnya akan dimasukkan kedalam *water bath* yang telah dipanaskan pada suhu 60°C.

Perendaman Suspensi Semen

Tahap selanjutnya adalah tahap perendaman suspensi semen menggunakan *water bath* pada suhu 60°C selama 24 jam.

Pengujian Sampel

Tahap keempat merupakan tahap pengujian *initial setting time* dan *final setting time* suspensi semen dengan menggunakan alat vicat penetrometer. *Initial setting time* tercapai jika jarum vicat tidak dapat menembus sepanjang 5 mm di atas dasar *plate*, sedangkan *final setting time* tercapai jika jarum vicat tidak dapat menembus sepanjang 1 mm dari dasar *plate*. Pengujian *compressive strength* semen dilakukan dengan menggunakan alat *hydraulic press* dengan kekuatan tekan minimum 30.000 kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal pengujian yaitu dengan membuat campuran suspensi semen dasar. Bubuk semen akan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 *mesh*. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan tingkat kehalusan dan tingkat keseragaman butiran semen. Selanjutnya adalah menimbang kebutuhan semen dengan timbangan elektrik sebanyak 500 gr yang kemudian akan dicampur dengan aquades sebanyak 230 ml dan diaduk dengan *mixer* selama 30 detik. Tahap selanjutnya adalah menuangkan suspensi semen yang telah dibuat kedalam cetakan 6 x 6,9 cm untuk pengujian *setting time* dan cetakan 5 x 5 cm untuk pengujian *compressive strength*, kemudian cetakan dimasukkan ke dalam *water bath* yang telah dipanaskan pada suhu 60°C. Pengujian *initial setting*

time dilakukan ketika cetakan 6 x 6,9 cm direndam didalam *water bath* selama 45 menit. *Initial setting time* tercapai ketika jarum vicat tidak dapat menembus sepanjang 5 mm dari dasar *plate*. Jika belum mencapai *initial setting time* maka masukan kembali cetakan kedalam *water bath* dan tambahkan waktu perendaman selama 5 menit untuk kemudian diangkat dan diuji kembali.

Pengujian *final setting time* dilakukan ketika sudah mencapai *initial setting time*. *Final setting time* tercapai jika jarum vicat menembus 1 mm dari dasar *plate*. Jika belum mencapai *final setting time* cetakan akan dimasukan kembali kedalam *water bath* dan tambahkan waktu perendaman selama 5 menit untuk kemudian diuji kembali.

Pengujian *compressive strength* dilakukan ketika cetakan 5 x 5 cm telah direndam dalam *water bath* selama 24 jam. Sampel ini kemudian diangkat dan dilepaskan dari cetakan dan didinginkan. Selanjutnya sampel akan ditekan menggunakan *hydraulic press* dan dihitung nilai *compressive strength* menggunakan persamaan:

$$\text{Compressive strength (CS)} = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Pengujian *setting time* dan *strength* batuan semen juga dilakukan pada suspensi semen dengan aditif berbahan dasar glukosa. Aditif ditambahkan ke dalam campuran suspensi semen dengan konsentrasi penambahan dimulai dengan 0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04%; 0,05%; 0,06%; 0,07%; 0,08%; 0,09% hingga 0,1% BWOC. Dalam penelitian ini aditif yang digunakan berbahan dasar cair. Dalam pengujian, aditif ini dicampurkan dahulu bersama aquades. Setelah itu, penggunaan *mixer* dibutuhkan untuk mencampur aditif dan bubuk semen kelas A.

1. Pengaruh penambahan aditif berbahan dasar glukosa terhadap *setting time* semen.

Aditif berbahan dasar glukosa merupakan aditif berbentuk cair yang termasuk ke dalam golongan *retarder*. *Retarder* adalah aditif yang berperan dalam memperlambat proses pengerasan suspensi semen pemboran, sehingga pada waktu operasi penyemenan lubang bor, suspensi semen tersebut dapat mencapai target yang direncanakan. *Retarder* digunakan pada penyemenan pipa selubung (*casing*) sumur dalam dan sumur dengan kolom penyemenan yang panjang serta untuk sumur-sumur bertemperatur tinggi. Mekanisme kerja dari *retarder* adalah dengan memperlambat kontak antara partikel semen dengan air. Semen Portland disusun oleh komponen-komponen yang bersifat "*anhydrous*". Hal ini berarti bahwa komponen-komponen tersebut jika bertemu air maka komponen tersebut pecah dan membentuk komponen hidrat dan perlahan-lahan akan mengeras. Peristiwa ini dikenal sebagai hidrasi semen.

Konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan kedalam suspensi semen mengakibatkan bertambah lamanya waktu pengerasan suspensi semen jika dibandingkan dengan

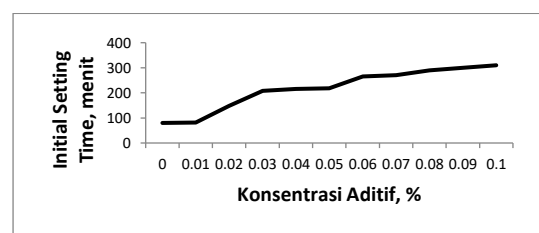
nilai *initial* dan *final setting time* suspensi semen dasar. Semakin besar konsentrasi aditif yang ditambahkan kedalam suspensi semen maka nilai *initial* dan *final setting time* semen pemboran akan semakin naik (Tabel 1 dan 2). Kecenderungan naiknya nilai *setting time* ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Bertambah lamanya waktu pengerasan suspensi semen akan sangat membantu dalam proses penyemenan sumur bertemperatur tinggi atau sumur dengan kolom penyemenan yang panjang. Aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan disarankan tidak melebihi 0,05% BWOC. Hal ini dikarenakan akan membuat nilai *initial setting time* naik secara signifikan.

Tabel 1. Nilai *Initial Setting Time* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa

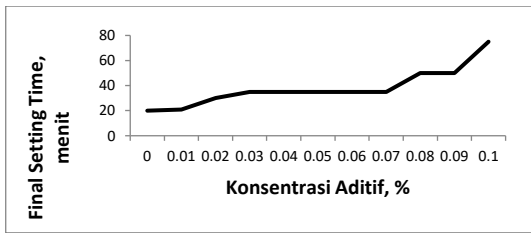
No	Konsentrasi Aditif (%)	<i>Initial Setting Time</i> (menit)
1	0	80
2	0.01	82
3	0.02	148
4	0.03	208
5	0.04	216
6	0.05	218
7	0.06	266
8	0.07	270
9	0.08	290
10	0.09	300
11	0.10	310

Tabel 2. Nilai *Final Setting Time* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa

No	Konsentrasi Aditif (%)	<i>Final Setting Time</i> (menit)
1	0	20
2	0.01	21
3	0.02	30
4	0.03	35
5	0.04	35
6	0.05	35
7	0.06	35
8	0.07	35
9	0.08	50
10	0.09	50
11	0.10	75



Gambar 1. Hubungan *Initial Setting Time* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa.



Gambar 2. Hubungan *Final Setting Time* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa.

2. Pengaruh penambahan aditif berbahan dasar glukosa terhadap *compressive strength* batuan semen.

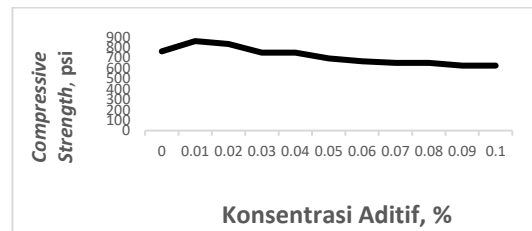
Compressive strength merupakan kekuatan batuan semen dalam menahan tekanan yang berasal dari formasi batuan maupun yang berasal dari pipa selubung (*casing*) hingga pecah yang disebabkan oleh tekanan fluida selama waktu produksi, injeksi sumur maupun pada waktu perekahan. Untuk mendapatkan hasil penyemenan yang ideal maka *strength* semen harus memenuhi beberapa kondisi antara lain harus mampu melindungi pipa selubung, mampu menahan tekanan tinggi, mampu menahan goncangan baik selama operasi pemboran maupun produksi, mampu menyekat lubang dari fluida korosif serta mampu menyekat antar lapisan.

Setelah ditambahkan konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa ke dalam suspensi semen, nilai *compressive strength* mengalami penurunan nilai yang signifikan. Semakin besar konsentrasi aditif yang ditambahkan kedalam suspensi semen maka nilai *compressive strength* batuan semen akan semakin menurun. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, nilai kekuatan (*strength*) batuan semen sangat tergantung terhadap temperatur dan tekanan pengkondisian suspensi semen, durasi pengerasan suspensi semen, kadar air serta tingkat kehalusan butiran semen. Hal ini berbanding lurus dengan hasil dari pengujian *setting time* suspensi semen. Hal ini dapat terlihat dari semakin banyak konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan kedalam suspensi semen membuat waktu pengerasan suspensi semen akan semakin lama atau lambat. Semakin lama waktu pengerasan suspensi semen akan mempengaruhi nilai kekuatan (*strength*) batuan semen. Konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan disarankan tidak melebihi konsentrasi 0,05% BWOC.

Tabel 3. Nilai *Compressive Strength* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa

No	Konsentrasi Aditif (%)	<i>Compressive Strength</i> (psi)
1	0	762,03
2	0,01	859,01
3	0,02	831,30
4	0,03	748,17
5	0,04	748,10
6	0,05	692,75

No	Konsentrasi Aditif (%)	<i>Compressive Strength</i> (psi)
7	0,06	665,04
8	0,07	651,19
9	0,08	651,19
10	0,09	623,48
11	0,10	623,48



Gambar 3. Hubungan *Compressive Strength* terhadap penambahan aditif berbahan dasar glukosa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *setting time* dan *strength* semen dengan penambahan aditif berbahan dasar glukosa, disimpulkan sebagai berikut:

1. Aditif berbahan dasar glukosa sangat mempengaruhi waktu *initial* dan *final setting time* suspensi semen sehingga proses pengerasan semen semakin lama, hal ini akan membantu dalam program penyemenan sumur dalam dan sumur dengan kolom penyemenan yang panjang.
2. Lamanya waktu pengerasan suspensi semen sebagai akibat konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap penurunan kekuatan (*strength*) batuan semen dimana kekuatan batuan semen kurang dari 1,000 psi (6.7 MPa).
3. Konsentrasi aditif berbahan dasar glukosa yang ditambahkan disarankan tidak melebihi 0,05% BWOC dikarenakan akan menaikkan waktu *setting time* suspensi semen dan menurunkan kekuatan (*strength*) batuan semen secara signifikan.

DAFTAR NOTASI

- A : Luas permukaan sampel, cm²
- F : Gaya yang dibebankan pada sampel, kg

DAFTAR PUSTAKA

Adams, N. J., & Charrier, T. (1989). *Drilling engineering: A complete well planning approach*. PennWell Books.

American Petroleum Institute. (2002). *Specification for cements and material for well cementing* (API Specification 10A, 23rd ed.). Washington, DC: API.

Bourgoyne, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young, F. S. (1991). *Applied drilling engineering*. Society of Petroleum Engineers.

Rubiandini, R. R. S. (2001). *Diktat kuliah teknik pemboran dan praktikum*. Penerbit ITB.

- Rubiandini, R. (2009). *Teknik operasi pemboran*. Institut Teknologi Bandung.
- Rubiandini, R. R. S. (2012). *Teknik operasi pemboran*. Institut Teknologi Bandung.
- Zabidi, L. (2015). Studi laboratorium pengaruh penambahan retarder (HR-7) terhadap waktu pengerasan & kuat tekan pada semen pemboran kelas G. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 2 (2). <https://doi.org/10.25105/petro.v2i2.300>
- Samura, L., Ainurridha, K. A., & Zabidi, L. (2017). Pengujian compressive strength dan thickening time pada semen pemboran kelas G dengan penambahan aditif retarder. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6 (2), 49–54. <https://doi.org/10.25105/petro.v6i2.3103>