

PENGARUH PENAMBAHAN ACCELERATOR “KCl”, “Na₂SiO₃”, DAN “CAL-SEAL” SEBAGAI ADDITIVE SEMEN KELAS A TERHADAP THICKENING TIME, COMPRESSIVE STRENGTH, DAN RHEOLOGY BUBUR SEMEN DENGAN VARIASI TEMPERATUR (BHCT) DI LABORATORIUM PEMBORAN DAN PRODUKSI UNIVERSITAS TRISAKTI

Tio Putra Negara, Abdul Hamid
Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Kebumihan dan Energi Universitas Trisakti
E-mail: tio.putranegara@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu problem yang terjadi pada perencanaan kegiatan penyemenan adalah penentuan formulasi bubuk semen yang diharapkan sesuai dengan kondisi sumur yang menjadi target penyemenan. Bubur semen terlebih dahulu dirancang sedemikian rupa dan diuji kelayakannya sebelum digunakan untuk penyemenan, sehingga sesuai dengan karakteristik sumur target penyemenan. Berbagai additive digunakan untuk memaksimalkan formulasi bubuk semen yang disesuaikan dengan karakteristik sumur yang akan disemen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi accelerator “KCl”, “Na₂SiO₃”, dan “Cal-Seal” Sebagai Additive Semen Kelas A Terhadap Thickening Time, Compressive Strength, dan Rheologi Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (BHCT). Temperatur yang digunakan adalah 60°C, 70°C, dan 80°C, dengan variasi konsentrasi accelerator 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % dan 2,0 %. Penelitian ini dilakukan sesuai standar kelayakan API 10A (specification for cement and materials for well cementing).

Kata kunci: Compressive Strength, Thickening Time, Rheology Bubur Semen.

Pendahuluan

Penyemenan adalah proses pendorongan suspensi semen ke dalam *annulus* dan kemudian naik ke rongga antar dinding lubang bor (*annulus*) dan casing. Suspensi semen tersebut kemudian dibiarkan agar mengeras dan menyemen dinding formasi dengan casing. Sebelum dilakukan penyemenan terlebih dahulu dilakukan rancangan terhadap komposisi bubuk semen. Dalam perancangan bubuk semen, terdapat tiga komponen utama yaitu bubuk semen, air dan *additive* sebagai zat atau campuran tambahan yang bekerja untuk mengontrol sifat daripada bubuk semen.

Teori Dasar

Pada umumnya semen yang dipakai dalam operasi pemboran sumur-sumur minyak dan gas adalah jenis semen Portland kelas G. semen ini bersifat hidrolis, dalam arti kata akan mengeras bila bertemu air, dimana waktu pengerasan sumur tersebut bias direkayasa menurut kebutuhan, sehingga semen bisa direncanakan waktu pengerasannya (*thickening time*) dalam operasi penyemenan untuk setiap kedalaman yang berbeda.

1. Fungsi Semen Pemboran

Fungsi utama semen pemboran adalah untuk menyekat lubang *annulus* antara dinding lubang bor dengan *casing* supaya tidak terjadi kontak antar lapisan batuan, seperti air formasi tidak merembes melalui *annulus* kelapisan minyak bagian atasnya yang sedang berproduksi, atau gas dari lapisan di atasnya tidak merembes ke lapisan minyak dibawahnya.

2. Komposisi Semen Pemboran

Bubur semen atau suspensi semen yang digunakan pada suatu operasi penyemenan sumur pemboran terdiri dari komponen dasar dan komponen-komponen tambahan. Komponen dasarnya adalah semen Portland dan air, sedangkan komponen tambahannya adalah satu atau beberapa macam *additive* yang dapat menjadikan semen pemboran memiliki perilaku khusus yang sesuai dengan kebutuhan.

3. Klasifikasi Semen Portland

API telah melakukan pengklasifikasian semen ke dalam beberapa kelas guna mempermudah pemilihan dan penggolongan semen yang akan digunakan. Pengklasifikasian ini didasari atas kondisi sumur dan sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur tersebut. Kondisi sumur tersebut meliputi kedalaman sumur, temperature, tekanan, dan kandungan yang terdapat pada fluida formasi, juga berdasarkan atas sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur. Klasifikasi semen yang dilakukan API dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Semen Menurut API

API Klas Semen	Penggunaan
Kelas A	Digunakan dari permukaan sampai 6000ft (1830 m), dengan temperatur 80° C. Tersedia dalam tipe Ordinary (O) karena digunakan khusus pada kondisi normal, Sama dengan ASTM tipe I.
Kelas B	Digunakan sampai 6000ft (1830 m), untuk keadaan yang memerlukan sulfat resistant yang moderate sampai tinggi (=ASTM tipe II).
Kelas C	Digunakan sampai 6000ft, untuk keadaan yang memerlukan high strength. Tersedia pada tipe regular (=ASTM tipe III).
Kelas D	Digunakan dari 6000ft sampai dengan 10.000ft, untuk kondisi temperature dan tekanan yang moderately high (130-145°C). Semen yang nonretarded ini tersedia dalam tipe regular dan high sulfat resistant.
Kelas E	Digunakan dari 6000ft sampai 14.000ft, dalam kondisi tekanan dan temperature tinggi (130-145°C). tersedia untuk tipe MSR dan HSR.
Kelas F	Digunakan dari 10.000ft sampai 16.000ft dalam kondisi tekanan dan temperature sangat tinggi (130-160°C). Tersedia untuk tipe MSR dan HSR.
Kelas G	Digunakan sebagai basic cement dari permukaan sampai 8000ft atau dapat digunakan dengan akselerator dan retarder pada selang kedalaman dan temperature yang besar. Tersedia dalam jenis tahan sulfat sedang sampai tinggi.
Kelas H	Digunakan sebagai basic cement dari permukaan sampai sekitar 6000ft (95°C). Tersedia hanya dalam tipe MSR. Kelas G dan H khusus dikembangkan dengan tujuan untuk dapat menerima aditif yang ditambahkan pada suspense semen, guna meningkatkan performance pada kondisi yang lebih khusus, dan kedua semen ini paling umum dipakai saat ini.

4. Additive Semen

Additive semen atau zat-zat tambahan adalah material-material yang ditambahkan pada semen untuk memberi variasi yang lebih luas pada sifat-sifat suspensi semen agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Sampai sekarang ini lebih dari 100 *additive* yang telah dikenal dalam operasi penyemenan di dunia perminyakan. Umumnya *additive*-

additive tersebut berupa bubuk yang dapat dicampur dengan bubuk semen, sebelum diaduk dengan air. Kuantitatif *additive* dalam suspensi semen biasanya dinyatakan dalam persen berat bubuk semen % BWOC (*by weight on cement*).

5. Akselerator

Akselerator adalah *additive* yang digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan semen (*thickening time cement*). Karena banyak operasi penyemenan yang dilakukan pada sumur-sumur dangkal dengan temperatur yang rendah, sehingga pengerasan semennya perlu dipercepat. Dengan menggunakan akselerator maka *early strength* dari semen dasar dapat dipercepat, dimana dalam waktu 4 jam *strength* dengan kekuatan 500 psi dapat dicapai. *Strength* sebesar 500 psi ini umumnya dianggap bahwa semen telah dapat mengikat dengan baik pada casing, sehingga pekerjaan-pekerjaan selanjutnya dapat dilaksanakan. Contoh *additive* jenis ini adalah Kalsium Klorida (CaCl_2) 2-6%, *gypsum*, sodium silikat 5-10 %, KCl, *Cal-Seal*, dan air laut.

6. Retarder

Retarder adalah zat aditif yang digunakan untuk memperlambat waktu pengerasan semen, sehingga waktu pemompaan dapat diperpanjang. *Retarder* terutama digunakan pada sumur-sumur dengan kedalaman antara 6000 - 25000 ft dimana temperatur statik didasar sumur dapat mencapai 170 - 500°F. *Retarder* ditambahkan pada bubuk semen murni untuk mencegah semen mengeras dengan cepat, dalam hal ini retarder yang digunakan haruslah dipilih agar benar-benar cocok dengan material penyusun semen itu sendiri. Umumnya yang digunakan sebagai *retarder* adalah : *Lignin* (0,1 - 1,0 %), *Calcium Lignosulfonate* (0,1 - 2,5 %), *Carboxymethyl Hydroxyethyl Cellulose* (0,1 - 1,5 %), *Saturated salt* (14 - 16 lb per sack semen), *Borax* (0,1 - 0,5 %).

7. Extender

Extender adalah aditif yang digunakan untuk menaikkan volume suspensi semen yang berhubungan dengan menurunkan berat / densitas dari bubuk semen. Pada umumnya penambahan *extender* kedalam suspensi semen diikuti dengan penambahan air. Adapun yang termasuk *extender* antara lain adalah *bentonite*, *attapulgate*, *pozzolan*, *perlite* dan *gilsonite*. Penambahan *bentonite* bersifat banyak menghisap air, sehingga volume suspensi semen bertambah dengan tanpa menambah jumlah semen. API merekomendasikan bahwa untuk setiap penambahan 1% bentonite ditambahkan pula 5,3% air (BWOC), yang berlaku untuk semua kelas semen. Pengaruh lain dari penambahan bentonite adalah *yield* semen naik, *compressive strength* menurun, permeabilitas naik, viskositas naik dan biaya lebih murah.

8. Densitas

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

$$D_s = \frac{(G_c + G_w + G_a)}{(V_c + V_w + V_a)} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

D_s = densitas suspensi semen, ppg.
 G_c = berat bubuk semen, lbs.
 G_w = berat air, lbs.

G_a	=	berat aditif, lbs.
V_{bk}	=	volume bubuk semen, gallon
V_w	=	volume air, gallon.
V_a	=	volume aditif, gallon.

Densitas suspensi semen sangat berpengaruh terhadap tekanan hidrostatik suspensi semen di dalam lubang sumur. Bila formasi tidak sanggup menahan tekanan suspensi semen, maka akan menyebabkan formasi pecah, sehingga terjadi *lost circulation*.

9. Thickening Time

Thickening time adalah waktu yang diperlukan suspensi semen untuk mencapai konsistensi sebesar 100 Uc (*Units of Consistency*). Konsistensi sebesar 100 Uc merupakan batasan bagi suspensi semen masih dapat dipompa lagi. Dalam penyemenan, sebenarnya yang dimaksud dengan konsistensi adalah viskositas, Cuma dalam pengukurannya ada sedikit perbedaan prinsip.

Harga konsistensi yang dinyatakan dalam Uc (*Units of Consistency*), merupakan harga viskositas dari suspensi semen yang diukur dengan alat *Consistometer*. Untuk penentuan harga viskositas plastic (V_p) suspensi semen di laboratorium digunakan alat *Rheometer*, atau *Fan VG Meter*.

10. Compressive Strength dan Shear Strength

Strength pada semen terbagi dua, yakni *compressive strength* dan *shear strength*. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan-tekanan yang berasal dari formasi maupun dari *casing*. Sedangkan *shear strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan berat *casing*. Jadi *compressive strength* semen menahan tekanan-tekanan dalam arah horizontal dan *shear strength* semen menahan tekanan-tekanan arah vertical. Dalam mengukur *strength* semen, seringkali yang diukur adalah *compressive strength* daripada *shear strength*. Umumnya *compressive strength* mempunyai harga 8 - 10 kali lebih besar dari harga *shear strength*. Pengujian *compressive strength* dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat *Curing Chamber* dan *Hydraulic Mortar*.

11. Rheology Bubur Semen

Rheology adalah penyelidikan mengenai aliran fluida serta pembentukan fluida, hal ini akan menunjukkan hubungan antara laju aliran rata-rata (*shear rate*), dengan tekanan aliran (*shear stress*) yang menyebabkan pergerakan tersebut.

Metode Penelitian

Pengujian laboratorium terhadap suatu komposisi semen sangat diperlukan untuk memperoleh kualitas semen yang diharapkan. Persiapan pengujian laboratorium antara lain dengan persiapan peralatan, prosedur pengujian dan persiapan material semen.

Studi laboratorium dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas semen kelas A dapat digunakan dalam proses penyemenan yang pada umumnya menggunakan semen kelas G. dilihat dari segi keekonomian, semen kelas A lebih murah dibandingkan dengan semen kelas G, sehingga apabila kualitas semen kelas A memenuhi syarat, maka akan mengurangi biaya dalam proses penyemenan.

Serangkaian tes dilakukan untuk mengevaluasi kinerja tepat waktu penebalan, kuat tekan, dan sifat reologi. Semua tes dilakukan sesuai dengan spesifikasi untuk bahan dan pengujian untuk Well Semen.

Pengujian laboratorium dan peralatan:

a. Pengujian Thickening Time

Tes Thickening Time adalah metode yang diterima untuk mengukur berapa lama semen lumpur harus tetap dapat dipompa di bawah suhu dan tekanan kondisi simulasi turun-lubang. Tes ini dilakukan dalam berbagai suhu dan mengatur konstan dalam kondisi tekanan. Tes ini melibatkan pencampuran bubuk semen sesuai dengan prosedur API saat ini, menempatkan bubuk ke dalam cangkir bubuk, dan kemudian menempatkan cangkir bubuk ke dalam konsistometer untuk pengujian. Pengujian tekanan dan suhu yang terkontrol untuk mensimulasikan kondisi yang akan bubuk hadapi di dalam sumur. Tes menyimpulkan ketika bubuk mencapai konsistensi dianggap unpumpable dalam sumur. Tes dikatakan ditetapkan setelah mencapai konsistensi dari 70 Bearden Konsistensi (BC) Unit bawah keadaan dinamis menggunakan HPHT Konsistometer.

b. Pengujian Compressive Strength

Tekanan yang diperlukan untuk menghancurkan set semen diukur dalam tes ini. Tes ini menunjukkan bagaimana selubung semen akan menahan tekanan diferensial dalam sumur. Dalam pengujian destruktif bubuk semen dituangkan ke dalam cetakan kubus dan kubus semen kemudian dihancurkan untuk menentukan kuat tekan mereka. Dalam tes non-destruktif, kecepatan sonic diukur melalui semen karena set. Nilai ini kemudian diubah menjadi kuat tekan.

c. Pengujian Rheology

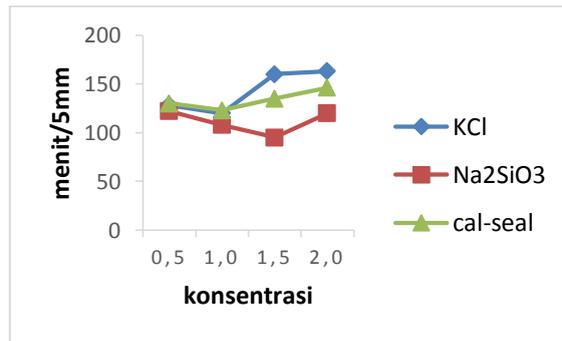
Untuk benar memprediksi tekanan gesekan yang akan terjadi ketika memompa berbagai cairan di dalam sumur, sifat reologi dari lumpur harus dikenal sebagai fungsi temperatur. Tegangan geser dan geser perilaku tingkat bubuk diukur dalam tes ini. Viskositas diukur dalam centipoises (cp) menggunakan Fan Viscometer. Pengujian telah dilakukan dengan menggunakan bahan seperti; Sebuah kelas semen, pelarut air, dan akselerator "KCl", "Na₂SiO₃", dan "Cal-Seal" sebagai aditif bubuk semen. Pengujian dilakukan dengan membuat bubuk semen dengan mempertahankan SG semen 3,14, variasi suhu sirkulasi (BHCT) yang digunakan adalah 60 ° C, 70 ° C, dan 80 ° C, dengan variasi konsentrasi akselerator 0,5%, 1,0%, 1,5 % dan 2%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian laboratorium didasarkan pada pengerjaan pengujian yang telah dilakukan secara prosedural. Terjadi perbedaan harga pada tiap aspek pengujian berupa variasi *bottom hole circulating temperature* (BHCT), dan konsentrasi *accelerator*. Pada penelitian ini diuji dengan 3 jenis *accelerator*, yaitu "KCl", "Na₂SiO₃", dan "Cal-Seal".

a. Thickening Time

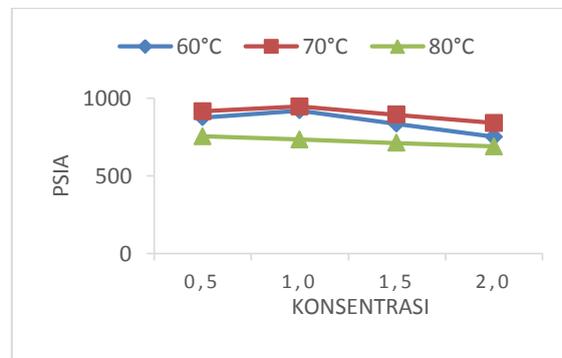
Dari (Gambar 1), itu terlihat bahwa penambahan *accelerator* dapat mempercepat penambahan waktu penebalan. Hal ini dapat dilihat dari tiga aditif, yang mendapatkan nilai waktu tercepat menebal aditif "Na₂SiO₃" akselerator, penambahan konsentrasi 1,5%.



Gambar 1. Grafik Penambahan Accelerator Terhadap Thickening Time

b. Compressive Strength

Dari (Gambar 2), hasil tes menunjukkan bahwa penambahan aditif akselerator dapat meningkatkan kuat tekan, dan suhu juga mempengaruhi kuat tekan.

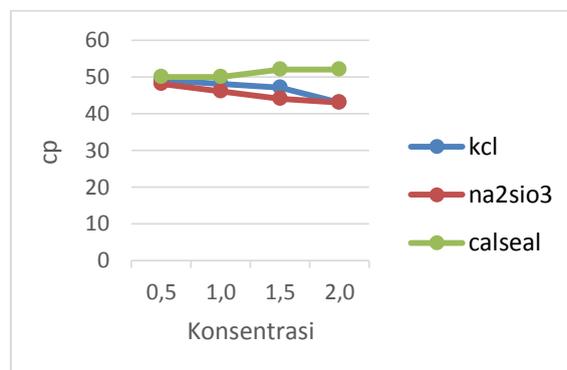


Gambar 2. Grafik Penambahan Accelerator Terhadap Compressive Strength pada (BHCT)

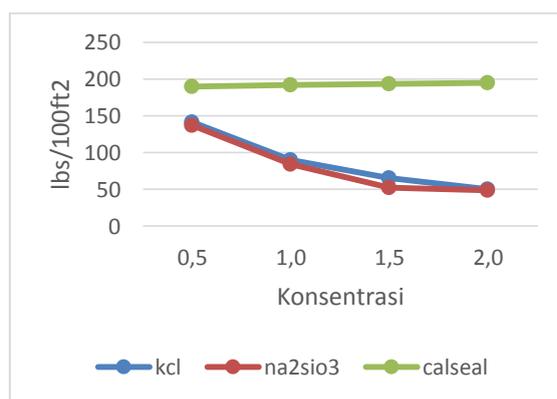
c. Rheology Bubur Semen

Hasil pengujian seperti ditunjukkan dari (Gambar 3) dan (Gambar 4) menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi dapat menurunkan nilai Plastic Viscosity dan Yield Point.

d.



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Accelerator Terhadap Plastic Viscosity



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Accelerator Terhadap Yield Point

Kesimpulan

Kesimpulan laboratorium tentang pengaruh penambahan konsentrasi accelerator “KCl”, “Na₂SiO₃”, dan “Cal-Seal” pada variasi temperatur BHCT terhadap *thickening time*, *compressive strength* dan *rheology* bubuk semen, menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan konsentrasi *accelerator* “KCl”, “Na₂SiO₃”, dan “Cal-Seal” terbukti dapat mempercepat proses *thickening time* pada penambahan konsentrasi sebesar 1,0 %.
2. Penambahan *accelerator* “Na₂SiO₃” menghasilkan *thickening time* yang paling cepat, yaitu 95 menit/5mm pada penambahan konsentrasi 1,5 %.
3. *Compressive strength* mengalami peningkatan pada temperatur *Bottom Hole Circulating Temperature* (BHCT) 70°C lalu mengalami penurunan lagi pada temperatur 80°C.
4. Penambahan *accelerator* “KCl” dan “Cal-Seal” pada variasi temperatur BHCT terhadap *compressive strength*, menghasilkan *strength* tertinggi pada suhu 70°C. yaitu 969 psia pada *accelerator* “KCl” 0,5 %, dan 945 psia pada *accelerator* “Cal-Seal” 1,0 %.
5. Secara umum penambahan konsentrasi *accelerator* “KCl” dan “Cal-Seal” akan menurunkan parameter nilai *plastic viscosity* dan *yield point*.
6. Penambahan konsentrasi *accelerator* “Na₂SiO₃”, menaikkan parameter nilai *plastic viscosity* dan *yield point*. Hal ini terjadi karena biasanya “Na₂SiO₃” dianggap sebagai *extender* yang digunakan untuk menaikkan volume suspensi semen yang berhubungan dengan menurunkan berat / densitas dari bubuk semen.
7. Semen kelas A lebih ekonomis digunakan pada penyemenan sumur-sumur yang dangkal dibandingkan menggunakan semen kelas G yang harganya lebih mahal, dan akan menghemat biaya operasi penyemenan.

Daftar Pustaka

- “Cementing Technology”, Dowell Schlumberger., 1984
- Diktat Kuliah Teknik Pemboran II, Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti
- Halliburton Energy Services, “Halliburton Cementing Technology Manual”, Halliburton Co. Duncan, Oklahoma. USA, 1993.
- Nelson E.B., “Well Cementing”, Schlumberger Educational Series, Houston-Texas, 1990.
- Penuntun Praktikum Teknik Lumpur Pemboran, Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi, Jurusan Teknik Perminyakan, Jakarta, 2001
- “Specification For Material And Testing For Oil Well Cement”, API Specification 10. Fifth Edition, 1990.