

Desain Formulasi Semen Ringan (*Light Weight Cement*) untuk Mitigasi Kerusakan Formasi Akibat Penyemenan pada Sumur GMB

Study on the Formulation of Light Weight Cement for Formation Damage Mitigation Due to Cementing on CBM Well

Budi Saroyo, ST.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150

E-mail: budis@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 14 Mei 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal 11 Agustus 2014

Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2014

ABSTRAK

Penyemenan dalam lubang sumur gas metana batubara (GMB) yang tidak sempurna sangat berpengaruh terhadap proses awal produksi air (*dewatering*), sehingga mempengaruhi produksi sumur tersebut (LEMIGAS 2010). Dalam pelaksanaan kompleksi, penggunaan semen ringan dalam penyemenan sumur GMB sangat diperlukan karena formasi produktif batubara merupakan formasi yang rapuh dan mudah runtuh (SPE 96108, 2005). Bubur semen yang digunakan harus mempunyai densitas yang rendah untuk menghindari tercapainya tekanan rekah formasi dari batubara tersebut, serta mengurangi terjadinya kerusakan formasi tetapi memiliki kualitas penyekatan yang baik dan mudah dalam perforasi serta perekahan. Untuk itu diperlukan desain formulasi semen ringan yang sesuai. Untuk mendesain, bahan yang dipakai sebagai aditif adalah dalam kategori *extender* yang berfungsi untuk menurunkan densitas dari bubur semen. Pengamatan dilakukan terhadap kualitas material aditif dan berbagai indikator sifat fisik bubur semen seperti sifat aliran, keterlulusan fluida, kadar air bebas, waktu pengejalaran bubur semen, dan kuat tekan. Hasil akhir desain formulasi laboratorium untuk semen ringan adalah formula yang menghasilkan densitas 9.50 ppg yang setara dengan (*specific gravity* 1.14). Dengan mengacu pada API *Specification 10&10A (Specification for Cements and Materials for Well Cementing)* dan SNI-BSN, maka dapat disimpulkan bahwa desain telah menghasilkan formula yang tepat dan memenuhi spesifikasi.

Kata Kunci: semen ringan, *extender*, desain formulasi

ABSTRACT

Cementing in the hole well coal bed methane (CBM) that imperfect have impact for to process water starting product (dewatering), so regards production that well (Lemigas,2010). In completion's performing, purpose cements lightweight in cementing CBM well indispensable because coals productive formation uncompacted and easy formation tearing down(SPE 96108, 2005). Cements slurry that is utilized has to have low density to counterbalance pressure fracture formation of coal, reduces formation damage,but have good bonding quality and easy to jobin perforation and fracturing. Must be required by design formulation cements lightweight is suitably. To design, material that is used as additive is category extender one that functioning to low density of cement slurry. On this design with observing being done to quality significant additive and a variety physical character indicator slurry cements as character of rheology, fluid loss, free water rate, thickening time cements slurry, and compressive strength. End product designs

laboratory formulation to cement lightweight is formula that result density 9.50 ppg that as the same with (specific gravity 1.14). With reference on API Specification 10&10A (Specification for Cements and Materials for Well is Cementing) and SNI-BSN, therefore gets to be concluded that design has resulted formula and specification.

Keywords: *lightweight cement, extender, formulation design*

I. PENDAHULUAN

A. Umum

Penyekatan lubang sumur pemboran antara selubung (*casing*) dengan formasi batubara produktif yang tidak sempurna sangat mempengaruhi proses produksi air (*dewatering*) pada sumur GMB. Masalah yang dijumpai pada penyemenan sumur GMB adalah terlalu besarnya berat jenis (densitas) bubuk semen, dan semen akan masuk kedalam formasi batubara produktif sehingga menutup rekahan formasi batubara tersebut (LEMIGAS 2010).

Oleh karena itu diperlukan suatu campuran semen yang dapat mengimbangi tekanan formasi yang ada, sehingga tidak terjadi hilang semen (*loss*) karena menutup rekahan formasi batubara, tetapi semen mampu bertahan selama masa operasi produksi berlangsung. Dengan melakukan penyekatan yang baik maka diharapkan dapat diperoleh kualitas sumur yang baik.

Saat ini kebutuhan semen untuk operasi penyemenan sumur GMB telah dipenuhi didalam negeri. Akan tetapi masih ditemui secara langsung atau tidak langsung ketidakmampuan semen untuk dapat berfungsi dengan bagus. Ketidakmampuan dari semen ini disebabkan adanya kondisi yang sangat bervariasi didalam lubang sumur. Oleh sebab itu, semen masih harus dicampur dengan bahan-bahan aditif yang sesuai agar didapatkan hasil penyemenan yang optimal.

Keberhasilan penyemenan pada dasarnya ditentukan oleh 4 (empat) hal yaitu:

1. Kualitas bahan penyemenan, yang terdiri atas semen dasar (*neat cement*) dan bahan-bahan aditif (*cement additive*).
2. Desain formula komposisi bubuk semen (*slurry design*).
3. Kondisi lubang sumur, terutama yaitu temperatur, tekanan dan fluida formasi (*hole condition*).
4. Teknik pelaksanaan penyemenan, yang biasanya dilaksanakan oleh perusahaan jasa penyemenan (*cementing services*).

Operasi penyemenan yang tidak berhasil dengan sempurna dapat menimbulkan banyak masalah, antara lain tertutupnya formasi produktif dan sulitnya mengontrol produksi air pada formasi produktifnya. Agar tujuan penyemenan dapat tercapai, maka semen harus mempunyai sifat-sifat yang dapat berfungsi dengan baik pada kondisi masing-masing sumur.

Extender adalah suatu bahan aditif yang mempunyai sifat peringan (*light weight*). Bahan ini yang akan dimanfaatkan untuk dipakai sebagai aditif pada semen pemboran, sehingga bubuk semen dan semen yang telah mengeras akan mempunyai berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan semen standart yaitu 15.86 ppg (Dwight K. Smith 1990). Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh penambahan *extender* sebagai bahan aditif yang merupakan indikator hasil dari pemakaian aditif tersebut, terhadap sifat-sifat fisik bubuk semen yaitu waktu pengejalan bubuk semen (*Thickening Time*), keterlulusan fluida (*Fluid Loss*), kadar air bebas (*Free Water*), sifat aliran (*Rheology*), serta kuat tekan batuan (*compressive strength*).

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- Mengembangkan kualitas dari semen *portland* (*Oil Well Cement*) produk lokal dengan menggunakan bahan penambah (aditif) *extender*.
- Untuk mencari jenis aditif yang mampu mengatasi kondisi sumur yang bertekanan rendah dan mudah runtuh.
- Mengetahui karakteristik dari aditif *extender* dan semen *portland*.
- Untuk menunjang keberhasilan *primary cementing* pada sumur gas metana batubara (GMB).
- Meningkatkan nilai tambah terhadap pengembangan teknologi yang terkait.

C. Sistem Semen Ringan

Penyemenan adalah suatu proses pendorongan sejumlah suspensi semen ke dalam *casing*, kemudian

melalui bagian bawah sepatu *casing* mengalir naik ke *annulus* antara *casing* dan formasi. Kemudian suspensi semen ini akan mengeras sehingga akan mengikat antara *casing* dengan formasi (dinding lubang bor) atau *casing* dengan *casing*.

Tujuan utama dari operasi penyemenan adalah sebagai pengisolasi zona-zona pada sumur pemboran untuk mencegah masuknya atau merembesnya fluida formasi yang tidak diinginkan kedalam sumur pemboran sekaligus sebagai material penyekat antara *casing* dan formasi. Kegagalan dalam operasi penyemenan akan banyak menimbulkan permasalahan, antara lain:

- Menyebabkan kerusakan pada formasi produktif.
- Kecilnya laju produksi.
- Dan ketidaksempurnaan dalam melakukan stimulasi.

Pada penyemenan sumur gas metana batubara (GMB), tekanan hidrostatik yang berasal dari kolom semen tidak boleh melebihi tekanan hidrostatik formasi, karena apabila melebihi tekanan rekah formasi maka akan terjadi perekahan di semua titik pada bagian *open-hole*. Bila menggunakan suspensi semen ringan, dapat dilakukan penyemenan pada zona-zona lemah dengan kemungkinan terjadi perekahan lebih kecil. Pemakaian suspensi semen ringan juga mengurangi jumlah tingkat penyemenan yang terlibat.

Bila hilang sirkulasi terjadi karena rekahan vertikal alami atau formasi bergua, suspensi semen ringan digunakan untuk menghindari hilangnya suspensi ke dalam formasi yang kosong atau menambah rekahan yang telah ada. Aditif *extender* yang normal hanya cocok untuk suspensi semen dengan densitas 11.5-12.0 lb/gal (Halliburton 2007), bila kurang dari itu air yang terpisah tidak hanya akan mempengaruhi sifat-sifat suspensi, tetapi juga kontinuitas kolom semen.

Extender adalah aditif yang digunakan untuk menurunkan densitas dari bubur semen. Untuk menghindari hilangnya bubur semen masuk ke dalam formasi yang bertekanan rendah (*zone lost circulation*), maka perlu diperhatikan besarnya tekanan hidrostatik bubur semen pada suatu kedalaman tertentu yang besarnya sangat tergantung dari densitas bubur semen yang digunakan. Untuk itu densitas bubur semen

harus disesuaikan dengan menambahkan aditif yang bersifat menurunkan densitas bubur semennya.

Beberapa aditif *extender* yang umumnya digunakan untuk menurunkan berat jenis dari bubur semen adalah: *Bentonite*, *Pozzolan* dan *Chenospheres* (Halliburton 2007), (Erik B. Nelson 1990).

- *Bentonite*

Bentonite bersifat banyak mengisap air, sehingga volume suspensi semen bisa menjadi 10 kalinya (Dwight K. Smith 1990). API merekomendasikan bahwa setiap penambahan 1% *bentonite* ditambah pula 5,3% BWOC air (API Spec. 10, 1984) yang berlaku untuk seluruh kelas semen. Pengaruh lain dari penambahan *bentonite* adalah “*yield point*” semen naik, kualitas perforasi lebih baik, “*compressive strength*” menurun, permeabilitas naik, *viscositas* naik dan biaya lebih murah.

- *Pozzolan*

Pozzolan terbentuk dari material seperti alumunium dan silika yang bereaksi dengan kalsium hidroksida. Ada dua jenis *pozzolan*, yaitu *pozzolan* alam seperti “*diatomaceous earth*” dan *pozzolan* buatan seperti “*fly ashes*” (Erik B. Nelson 1990). *Diatomaceous earth* sebagai *extender* tidak memperbesar *viscositas* suspensi semen dan harganya cukup mahal. Sedangkan *fly ashes* dapat mempercepat naiknya *compressive strength* serta harganya sangat murah.

II. BAHAN DAN METODE

A. Umum

Pengujian laboratorium terhadap suatu komposisi semen, aditif dan bubur semen sangat diperlukan untuk memperoleh kualitas semen yang diharapkan. Persiapan peralatan dan bahan merupakan langkah awal yang harus dikerjakan sebelum dimulainya suatu penelitian.

Pengujian di laboratorium meliputi beberapa tahapan, yaitu antara lain :

- Persiapan peralatan
- Persiapan material semen dan aditif
- Prosedur pengujian
- Desain formulasi
- Pembuatan suspensi semen

- Pengkondisian suspensi semen
 - Pengujian kualitas semen.
- Sedangkan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi:
- Pengujian komposisi kimia material aditif
 - Pengujian *free water*, *fluid loss* dan *thickening time* untuk suspensi semen
 - Pengujian *compressive strength* untuk semen keras.

B. Bahan dan Spesifikasi

Ada dua macam bahan aditif *extender* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu produk yang berasal dari produk lokal dan dari *company service* (*import*).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain: (Gambar 1, 2, 3)

- Semen klasifikasi API kelas G produksi PT. Holcim
- Bubuk aditif *bentonite* produksi Unichem
- Bubuk aditif *fly ash* produksi PLTU Suralaya
- Bubuk aditif *chenospheres* produksi Cina
- Bubuk aditif *glass bubbles* produksi 3M
- Air destilasi produksi Lemigas yang digunakan sebagai fluida pencampur.

C. Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang sesuai dengan persyaratan standard API *Spec. 10A Oil Well Cement*. Peralatan meliputi peralatan untuk persiapan pembuatan bubuk semen, peralatan pengkondisian pada suhu dan tekanan yang diinginkan serta peralatan uji.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan bubuk semen yaitu:

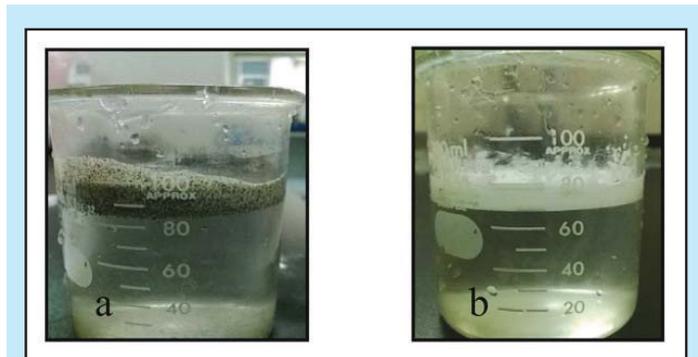
- Timbangan digital, dengan ketelitian 0.01 gram.
- *Mixing Device*, kapasitas 1 liter, kecepatan sampai dengan 20.000 RPM .

Peralatan yang digunakan untuk pengkondisian bubuk semen, terdiri dari:

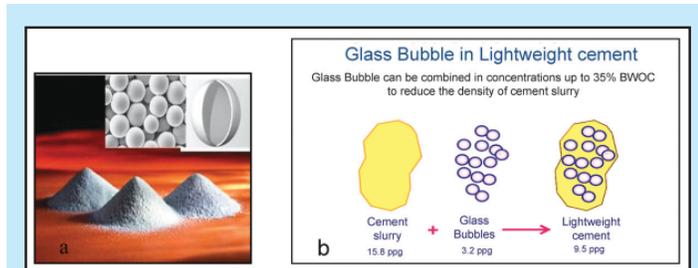
- *Water Bath*, dengan temperatur kerja maksimum 88°C.
- *HPHT Curing Chamber*, temperatur maksimum 400°C, tekanan 10.000 psi.
- *Atmospheric Consistometer*, temperatur kerja maksimum 93°C.



Gambar 1
Macam semen dan aditif yang dipakai dalam penelitian:
Semen G Class (a), Bentonite (b), Fly Ash (c),
Chenospheres (d), Glass Bubbles (e)



Gambar 2
Sifat fisik *Chenospheres* (a)
dan *Glass Bubbles* dengan Air (b)



Gambar 3
Properties fisik *Chenospheres* (a)
dan *Glass Bubbles*(b),(3M, 2010)

- Erlemeyer 500 ml.
- Gelas Ukur 250 ml.
- Peralatan uji yang digunakan untuk pengujian bubuk dan batuan semen yaitu :
- *Pressurized Mud Balance*.
- *Fann VG Meter*.
- Jangka sorong dan *Stopwatch*.
- Gelas Ukur 10 ml.
- *API Compressive Strength Tester*, penekanan beban sampai dengan 40.000 pounds.
- *HPHT Consistometer*, temperatur kerja maksimum 315°C, dan tekanan maximum 35 Mpa.

D. Prosedur Pengujian

Pembuatan suspensi atau bubuk semen dimulai dengan persiapan peralatan untuk material semen dan aditif, sedangkan spesifikasi peralatan dan prosedur pengujian dilakukan berdasarkan *API Spec. 10A*.

Penelitian dilakukan dengan mencampur *extender* kedalam semen dasar kelas G produk PT. Holcim, dengan variasi penambahan komposisi aditif

untuk melihat apakah kualitas dari aditif tersebut mampu digunakan sebagai bahan penurun densitas bubuk semen terutama untuk formasi yang bertekanan rendah.

Setelah diperoleh komposisi optimum aditif masing-masing material dilanjutkan untuk melihat sejauh mana kemampuan aditif apabila dibandingkan aditif lainnya.

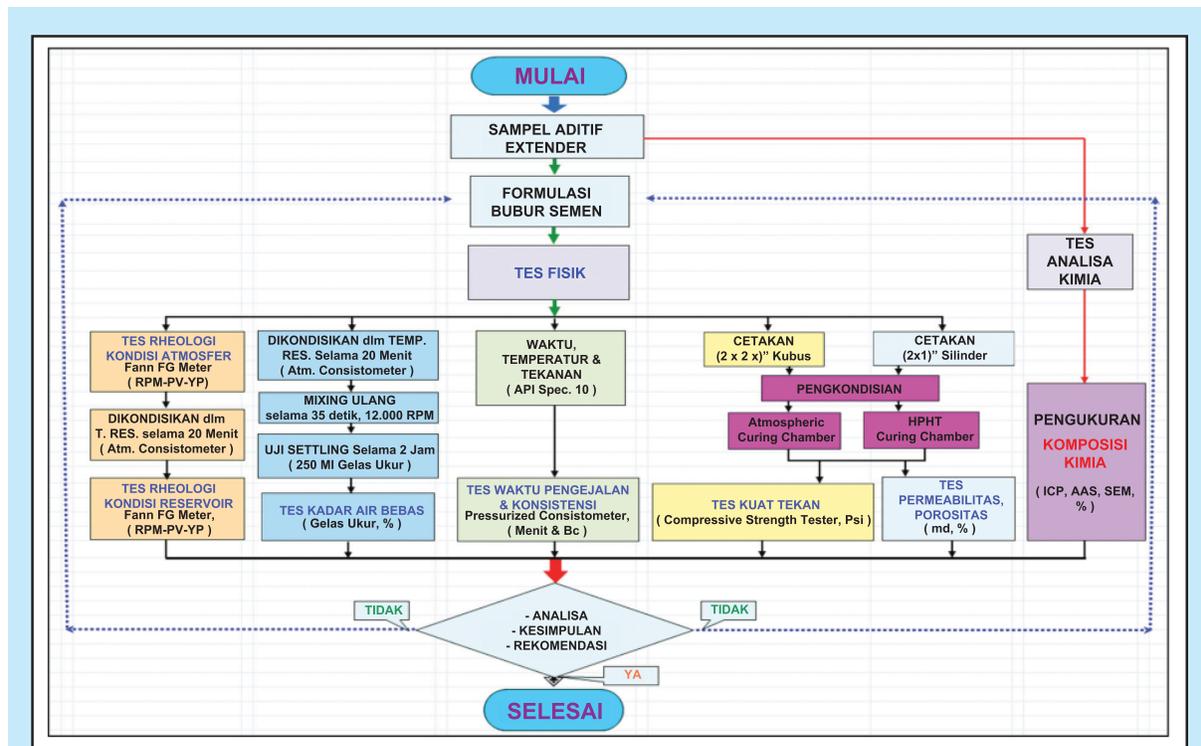
Penelitian selanjutnya dilakukan dengan memformulasikan dengan aditif-aditif semen yang lain kedalam formulasi desain semen pemboran. Adapun pengujian meliputi densitas, kadar air bebas, waktu pengejalan dan kuat tekan batuan semen.

Gambar 4 berikut menerangkan diagram alir pengujian desain formulasi semen ringan di laboratorium.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengujian Material Aditif *Extender* Lokal

Pengujian kualitas dari aditif *extender* yang berasal dari industri lokal yaitu abu terbang (*fly ash*) dari limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)



Gambar 4
Diagram alir pengujian semen ringan di Laboratorium

Suralaya perlu dilakukan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kualitas dan komposisinya.

Kandungan bahan dari material dasar *fly ashes* perlu diketahui sebagai aditif dalam campuran semen pemboran untuk penyemenan sumur gas metana batubara (GMB). Pengujian meliputi kimiawi, fisika dan kelakuan khusus.

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian sifat kimia dan fisika untuk abu terbang. Pada pengujian kimiawi unsur utamanya yang paling besar kandungannya adalah silikon dioksida (SiO_2) dan merupakan unsur yang dominan dalam kandungan material tersebut. Pengujian dilakukan berdasarkan rekomendasi dari API *Spec* 10.

1. Pengujian Kimiawi

Pada pengujian kimiawi unsur utamanya yang paling besar kandungannya secara berurutan adalah Silikon Dioksida (SiO_2), Alumunium Oksida (Al_2O_3), Iron Oksida (Fe_2O_3), serta Sulfur Trioksida (SO_3) dan hampir semuanya merupakan unsur yang dominan dalam kandungan abu batubara. Ketiga unsur yang

utama merupakan syarat minimum total 70% dari yang dipersyaratkan wajib dipenuhi oleh material abu batubara untuk dapat digunakan dalam campuran semen pemboran. Unsur-unsur tersebut merupakan juga unsur utama dalam semen pemboran, terutama kandungan SiO_2 . Unsur ini sangat penting dalam semen pemboran terutama untuk proses pembentukan kekuatan semen, sedangkan SO_3 merupakan unsur yang sedikit.

Unsur-unsur kimia total dari abu batubara tersebut berada diatas harga 70%. Dalam hal ini batubara yang digunakan di PLTU Suralaya lebih banyak berasal dari daerah Sumatera dibandingkan dari daerah Kalimantan. Jumlah komposisi dari abu batubara, rata-rata memenuhi persyaratan standar yang direkomendasikan oleh API *Spec*. 10.

Sedangkan untuk pengujian pengeringan dan pemanasan abu batubara ada dua metode yang diujikan, yaitu pada temperatur rendah (*moisture content*) dan temperatur tinggi (*loss of ignition*). Kedua metode ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kandungan unsur-unsur yang ada

Tabel 1
Hasil pengujian *quality* kontrol untuk material abu terbang batubara

1	2	3	4
Required Test	Source of Test	Numerical Value	Result
PHYSICAL			Suralaya
Strength Activity Index with Portland Cement	ASTM C618 & C311	75% min.control at 7 days	91.25
		75% min.control at 26 days	86.40
Wet Screen Analysis	ASTM E11	66% min	78.664
Passing US Std. No. 326 Sieve (45 micrometers)			
CHEMICAL			
Silicon Dioxide (SiO_2)			56.20
Alumunium Oxide (Al_2O_3)		70% min total	30.30
Iron Oxide (Fe_2O_3)	ASTM C618		5.17
Sulfur Trioxide (SO_3)		5.0% max	3.80
Moisture Content		3.0% max	0.096
Loss on Ignition		5.0% max	0.647
PERFORMANCE SPECIFICATIONS			
A. Compressive Strength	API Schedule 1Sg	30% min of the control Class G cement	35.42
B. Thickenig Time	API Schedule 5	1.25-2.5 times of the control Class G cement	1.90

dalam abu batubara mengalami proses kehilangan atau berkurang akibat bereaksi dengan udara karena adanya perubahan temperatur.

2. Pengujian Fisika

Pada pengujian ukuran butiran abu batubara secara basah menggunakan saringan standar API berukuran nomor 325 *mesh* atau 45 mikron (*wet screen analysis*). Prosentase keterlulusan atau lolos dari saringan lebih besar 66% dari yang dipersyaratkan oleh API *Spec.* 10. Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin banyak abu yang lolos berarti mempunyai ukuran butir yang halus sehingga akan mudah berinteraksi dengan butiran semen pemboran (OWC).

Untuk indikasi aktivitas kekuatan abu batubara dengan semen portland dilakukan pengujian pengkondisian selama 7 dan 28 hari dengan temperatur ruangan dan batuan semen harus mempunyai kekuatan yang lebih dari 75% dari semen pengontrol yang diperbolehkan. Abu batubara dari PLTU Suralaya untuk 7 hari pengkondisian mempunyai kekuatan yang hampir menyamai semen pengontrol (91%), sehingga abu batubara ini layak digunakan sebagai bahan aditif dalam semen pemboran.

3. Pengujian Kelakuan Khusus

Pengujian ini meliputi pengujian utama yaitu kuat tekan (*compressive strength*) dan waktu pengejalan (*thickening time*). Pengujian dilakukan dengan semen kelas G (semen dasar untuk penyemenan sumur minyak dan gas) produk PT. Holcim sebagai standar pengontrolan dalam pengujian, jadwal dan prosedur mengacu pada API *Spec.* 10. Dalam pengujian ini abu batubara dan semen kelas G dicampur dengan perbandingan komposisi yang seimbang (50% : 50%) berdasarkan dari berat semen, jumlah air yang dipakai adalah 44% dari berat semen.

Kuat tekan batuan semen setelah dikondisikan pada temperatur 35°C, tekanan atmosferik, dengan waktu pengkondisian selama 24 jam, harus mempunyai minimal kekuatan 30% dari kontrol semen kelas G.

Untuk waktu pengejalan bubuk semen pengujian abu batubara dilakukan dengan *schedule* 5 sesuai dengan pengujian untuk semen dasar kelas G yaitu dengan

temperatur 52°C, tekanan 5160 psi, yang ditempuh selama 28 menit, dengan waktu total untuk mencapai 100 Bc yang harus ditempuh adalah minimum 1.25 dan maksimum 2.50 dari waktu kontrol semen kelas G. Penambahan abu batubara dari PLTU Suralaya diperoleh waktu sebesar 1.90.

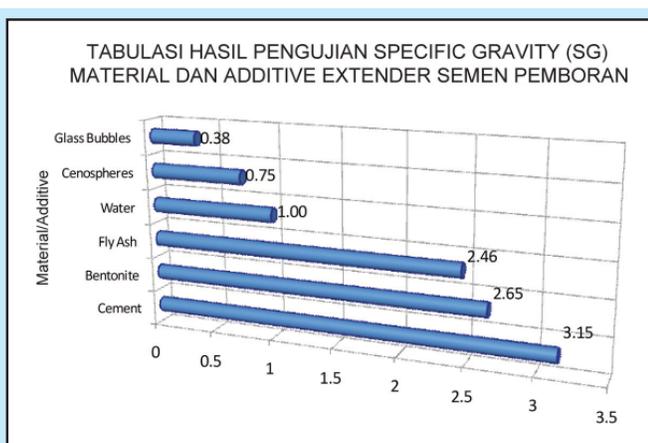
Dari pengujian kualitas abu batubara sesuai dengan rekomendasi API *Spec.* 10, abu batubara dari PLTU Suralaya diperoleh hasil pengujian yang memenuhi kriteria nilai standar yang dipersyaratkan, sehingga abu batubara tersebut bisa digunakan sebagai campuran dalam semen pemboran sebagai bahan *extender* dari produksi dalam negeri.

B. Pengujian Desain Formulasi Semen Ringan dengan Aditif *Extender*

Sebelum melakukan desain formulasi semen pemboran untuk sumur GMB perlu dilakukan pengujian terhadap berat jenis dari masing masing material aditif *extender* sebagai dasar untuk mencari densitas semen ringan.

Material yang diteliti yaitu *cement, bentonite, fly ash, cenospheres* dan *glass bubbles*. Hasil pengujian seperti pada Gambar 5 menunjukkan bahwa jenis material semen yang paling besar, sedangkan aditif *glass bubbles* yang paling kecil.

Setelah diperoleh hasil berat jenis dari masing masing material aditif *extender*, langkah selanjutnya dengan membuat desain formula awal dengan penambahan aditif dalam semen dasar berdasarkan prosentase berat dari semen dasar. Aditif ini sebagai pengganti dari semen yang mempunyai berat



Gambar 5 Hasil pengujian berat jenis (SG) material aditif *extender*

jenis yang besar sehingga akan diperoleh densitas bubuk yang lebih ringan karena aditif *extender* ini mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari semen dasar.

Pada pengujian ini metodenya yaitu dengan menambahkan aditif *extender* (*fly ash*, *chenospheres* dan *glass bubbles*) kedalam semen dasar dengan variasi komposisi jumlah volume yaitu dari 10% BWOC sampai 40% BWOC. Penambahan komposisi aditif *extender* diujikan untuk mencari kelakuan semen terutama pada kondisi temperatur dan tekanan rendah. Profil dari penambahan komposisi aditif *extender* seperti pada Gambar 6.

Dari pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium diperoleh hasil penambahan aditif *extender* yang optimum versus "specific gravity" dalam desain formulasi semen pemboran sumur GMB untuk material aditif (*fly ash* 40%, *bentonite* 2%, *chenospheres* 15% dan *glass bubbles* 30%) seperti pada Gambar 7.

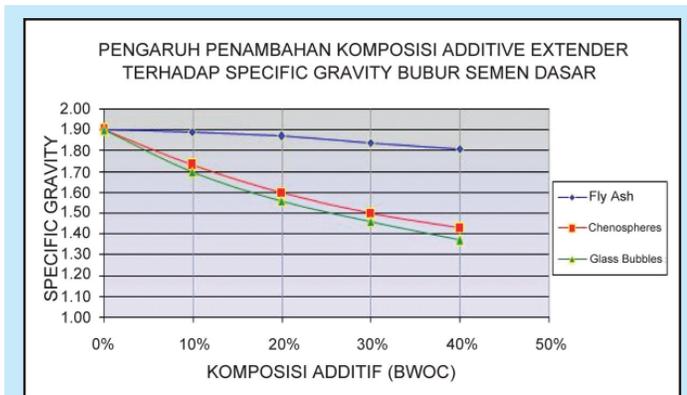
Pada Gambar diatas ditampilkan grafik antara penambahan aditif *extender* versus "specific gravity". Pengujian dilakukan untuk meneliti berat dari bubuk semen yang dipakai untuk kondisi semen ringan yang keperluannya digunakan untuk menyemen formasi yang bertekanan rendah. Desain formulasi yang diteliti adalah dari "specific gravity" 1.90 sampai dengan 1.14. Bahan yang digunakan adalah *glass bubbles* yang mempunyai densitas bahan yang paling ringan yaitu 0.38 gr/cc, sehingga dalam desain formulasi di laboratorium bisa diperoleh nilai densitas bubuk semen yang kecil pula. Pada gambar tersebut ada variasi 4 formula yang didesain. Semakin kecil densitas maka prosentase penambahan aditif *extender* akan semakin banyak pula. Hal ini untuk melihat kelakuan dari bubuk semen maupun sifat fisik batuan semen yang telah mengeras, serta untuk kondisi reservoir yang mempunyai temperatur rendah.

Hal ini sangat perlu diperhitungkan karena merupakan dasar dari *engineer cementing* untuk mencari dan mendesain bubuk semen dengan cara memformulasikan bahan-bahan yang akan digunakan untuk penyemenan sumur yang harus disesuaikan

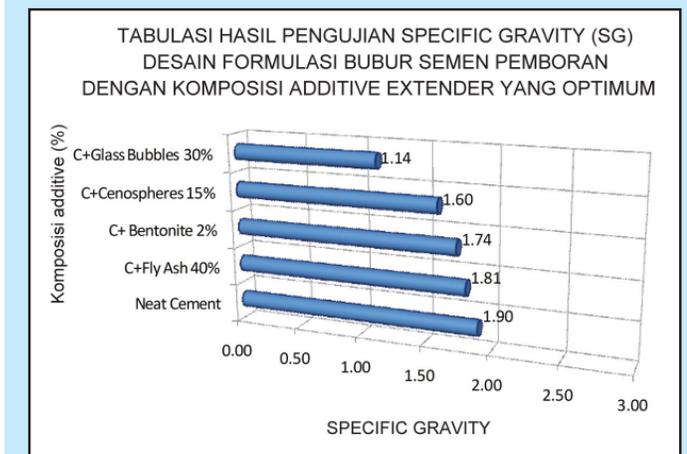
dengan kondisi lubang sumur, sehingga nantinya setelah digunakan dalam menyemen sumur diharapkan akan diperoleh hasil penyemenan yang baik.

Sumur mengandung gas, tetapi mempunyai formasi yang lemah atau formasi yang mudah runtuh sehingga semen yang dipakai juga harus mempunyai densitas yang rendah agar tidak menimbulkan kerusakan formasi terutama pada formasi yang produktif. Selain itu semen, sebagai penyekat tidak terlalu tebal sehingga memudahkan dalam operasi selanjutnya. Kedua persyaratan tersebut diatas perlu dicermati pada saat pendesainan semen.

Dari komposisi optimum untuk penambahan material aditif *extender* dalam prosentase *by weight on cement* (BWOC) yang diperoleh dilanjutkan dengan pengujian *free water content*, *thickening time* dan *compressive strength*. Dikatakan optimum



Gambar 6 Hasil pengujian berat jenis sistem semen ringan



Gambar 7 Hasil pengujian desain komposisi optimum material aditif *extender*

yaitu penambahan jumlah aditif yang diperlukan akan menghasilkan kelakuan bubuk semen beserta sifat semen keras yang memenuhi spesifikasi, serta mudah dalam pemompaan, dapat mengisi seluruh kolom annulus dan menghasilkan kekuatan batuan semen yang keras.

1. Pengujian *Free Water Content* Bubur Semen Pemboran (*Slurry Cement*)

Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif *extender* setelah dicampurkan kedalam suspensi semen, pengujian dilaboratorium untuk *free water content* (kadar air bebas) bisa dilihat pada Gambar 8.

Hasil pengujian diatas dapat dijelaskan bahwa penambahan bahan *extender* untuk temperatur 77°C fluida yang terbebaskan cenderung berkurang untuk *slurry* desain yang menggunakan bahan *chenosferes* dan *glass bubbles* dengan semakin rendahnya harga densitas *slurry* (SPE 97847, 2005), tetapi untuk bahan dengan penambahan *bentonite* dan *fly ash* hasilnya lebih banyak, karena pada temperatur tersebut pengikatan antara campuran bubuk padatnya dengan fasa cairannya kurang solid.

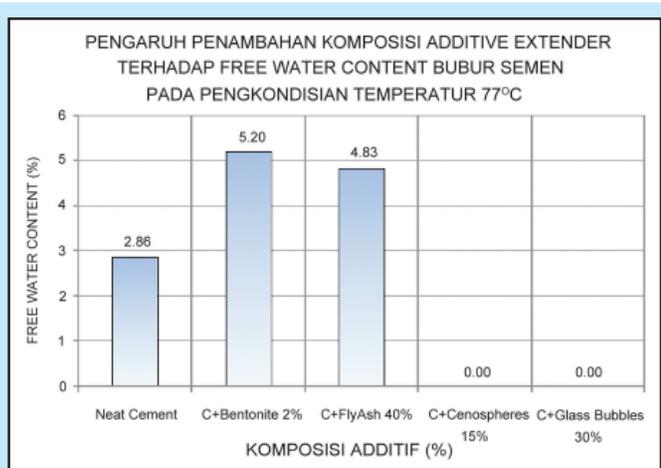
Komposisi optimum untuk penambahan aditif *extender* dengan *chenosferes* dan *glass bubbles* pada temperatur tersebut terjadi hidrasi sempurna. Hal ini mengakibatkan bubuk semen dapat mengikat fasa cairan secara optimum, sehingga air yang terbebaskan sedikit, karena material tersebut berfungsi juga sebagai pengikat fasa cair. Untuk hasil *free water content* diharapkan harus sekecil mungkin, bahkan kalau bisa ditiadakan. Aplikasi dilapangan berfungsi untuk mengindikasikan ada tidaknya selisih penurunan kolom batuan yang disemen, sehingga diharapkan kolom yang disemen setelah semen menjadi keras akan terisi penuh.

Bahan aditif juga berpengaruh dalam proses hidrasi semen yang mempunyai efek terhadap proses penyerapan airnya, sehingga kantong-kantong air yang terjadi bisa menyebabkan semen *porous* dan *permeabel*.

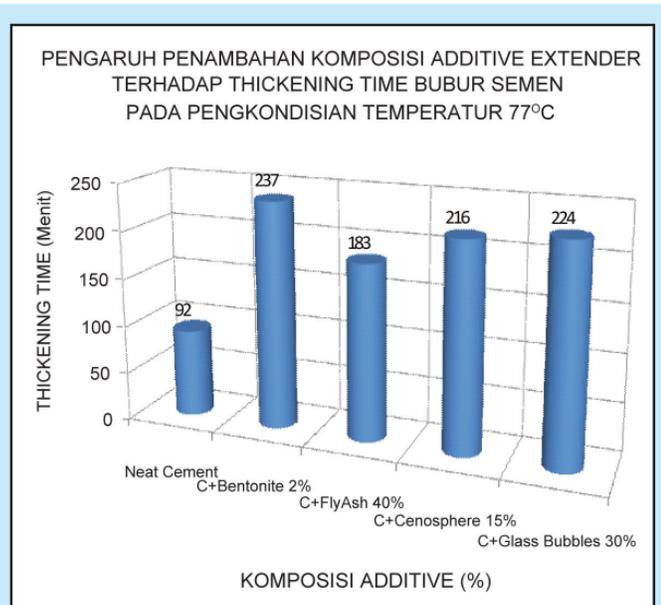
2. Pengujian *Thickening Time*

Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif *extender* setelah dicampurkan kedalam suspensi semen, hasil yang diperoleh dalam pengujian dilaboratorium untuk *thickening time* bisa dilihat pada Gambar 9.

Hasil yang diperoleh memperlihatkan pada penambahan bahan aditif *extender* kedalam bubuk semen, dari pengujian waktu pengejalan semen dengan temperatur pengujian 77°C, diperoleh waktu



Gambar 8 Hasil pengujian *free water content* bubuk semen ringan



Gambar 9 Hasil pengujian *thickening time* bubuk semen ringan

yang diperlukan untuk pengejalan bubuk semen untuk densitas bubuk semakin ringan maka akan semakin panjang. Hal ini dikarenakan komposisi solid atau padatan pengganti semen lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan densitas yang lebih tinggi, sehingga lebih lama bereaksi dalam proses penyerapan dan hidrasinya. Proses pengikatan antara campuran bubuk padatnya dengan fasa cairnya lebih lama dalam pengejalannya.

Dari pengujian di laboratorium diperoleh waktu untuk komposisi densitas lebih besar 15.80 ppg diperoleh waktu lebih cepat (1 jam 32 menit) dua setengahnya dari pada 9.5 ppg (3 jam 44 menit). Dalam kasus fenomena ini, untuk mengatasi proses pengejalan yang pendek bisa ditambahkan bahan *retarder* yang berfungsi untuk memperpanjang waktu yang diperlukan oleh bubuk semen, dan proses penyemenan yang lama sehingga diharapkan waktu yang tepat bisa diperoleh, tanpa beresiko terjadinya *set semen* lebih awal diperjalanan pada waktu dipompakan.

3. Pengujian Compressive Strength

Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif *extender* setelah dicampurkan kedalam suspensi semen, hasil yang diperoleh dalam pengujian dilaboratorium untuk *compressive strength* (kuat tekan) bisa dilihat pada Gambar 10.

Fenomena yang terjadi pada uji batuan semen yang telah mengeras pada kondisi temperatur *curing* selama 24 jam dengan temperatur statik 77°C tekanan 1500 psi, penambahan aditif *extender glass bubbles* diperoleh hasil yang paling besar untuk masing-masing *slurry* densitas. Hal inilah yang merupakan penambahan jumlah aditif yang paling optimum, karena aditif tersebut 98% material berupa *glass silika*, dengan densitas bubuk semen yang paling ringan dibandingkan dengan yang aditif lainnya.

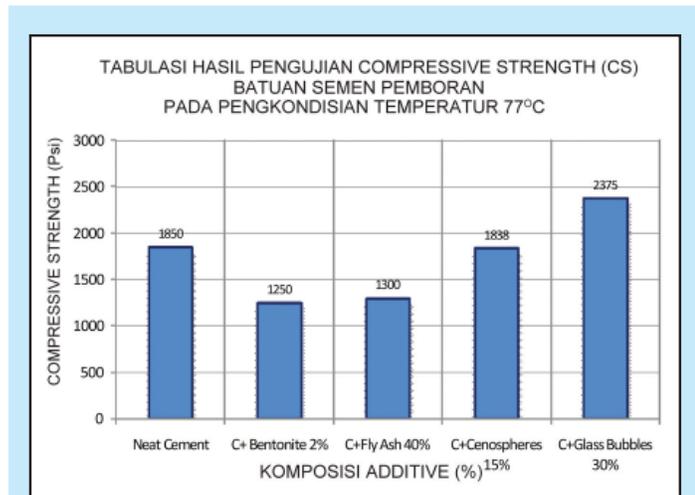
Semen dasar tanpa aditif *extender* digunakan sebagai pembandingan untuk kelakuan dan kinerja dari semen dengan penambahan aditif *extender*. Terlihat bahwa semakin besar densitas bubuk semen maka semakin banyak jumlah semen yang digunakan, sehingga diperoleh harga *compressive strength* yang tinggi pula. Hal ini disebabkan oleh reaksi yang seimbang

antara semen (kalsium-silikat-hidrat) dengan air. Sedangkan untuk bubuk semen yang harga kuat tekannya kecil, akan terbentuk mineral $\alpha-C_2SH$ gel yang perbandingannya tidak seimbang antara kalsium silikat hidratnya sehingga mengakibatkan volume suspensi semen menyusut, maka terjadi perubahan pada batuan semen (lemah dan *porous*). Adanya penambahan silika pada semen dasar memberikan kestabilan pada semen akibat terbentuknya mineral *Tobermorite* pada kondisi temperatur tinggi dan permeabilitas yang rendah. Penambahan silika dan bahan aditif *extender* pada temperatur dibawah 120°C belum menunjukkan kinerja yang berarti bagi mineral *tobermorite*. Harga *compressive strength* umumnya diatas 1000 psi, sedangkan syarat untuk penyemenan sumur untuk dilanjutkan pemboran supaya aman dan tidak terjadi runtuh semen, kekuatan semen minimal harus 1000 psi.

Untuk semen pada penambahan aditif *extender chenospheres* dan *glass bubbles*, dengan temperatur 77°C memberikan peningkatan pada besar harga *compressive strength* tersebut, hal ini diakibatkan proses pengembangan material yang terjadi pada konsentrasi tersebut sehingga memberikan tingkat kerapatan yang lebih baik dibanding bahan *bentonite* dan *flay ash*.

C. Aplikasi Penggunaan Semen Ringan (Light Weight Cement) Pada Sumuran

Penyemenan suatu sumur GMB merupakan faktor yang penting dalam suatu operasi pemboran.



Gambar 10 Hasil pengujian *compressive strength* batuan semen ringan

Berhasil atau tidaknya suatu pemboran, salah satunya adalah penyemenan sumur. Penyemenan dalam lubang sumur GMB yang tidak sempurna sangat berpengaruh terhadap proses awal produksi air (*dewatering*) untuk menghasilkan gas metana batubara (GMB).

Masalah yang dijumpai pada suatu penyemenan sumur GMB adalah terlalu tingginya densitas bubuk semen yang digunakan. Hal ini menyebabkan formasi batubara akan rekah sehingga semen masuk kedalam formasi dan menutup pori formasi batubara, mengakibatkan semen yang masuk ke dalam formasi batubara (formasi produktif) menjadi tebal yang

akan menutup jalannya gas metana batubara untuk mengalir menuju lubang sumur. Hal inilah yang menjadi salah satu faktor penyebab kegagalan dalam penyemenan sumur GMB, sehingga sumur tidak bisa berproduksi secara optimum.

Saat ini kebutuhan semen untuk operasi penyemenan sumur GMB telah dipenuhi didalam negeri. Akan tetapi masih sering dijumpai secara langsung ketidakmampuan semen untuk dapat berfungsi seperti yang diharapkan, disebabkan adanya kondisi yang sangat bervariasi didalam lubang sumur. Oleh sebab itu, maka semen masih harus dicampur dengan bahan aditif yang sesuai agar didapatkan hasil penyemenan yang optimal. Bahan aditif tersebut pada saat ini sebagian besar masih tergantung dari bahan import.

Bahan aditif yang digunakan adalah *extender (chenospheres)* sebagai bahan aditif penurun berat (*light weight*) pada semen pemboran dengan tujuan menghasikan densitas semen yang rendah (semen ringan) untuk digunakan pada penyemenan sumur GMB agar dapat meminimalisis kerusakan formasi. Tujuannya antara lain akan mempermudah dalam proses operasi perforasi (*perforated*) pada dinding *casing (cased hole)* dan perekahan (*fracturing*).

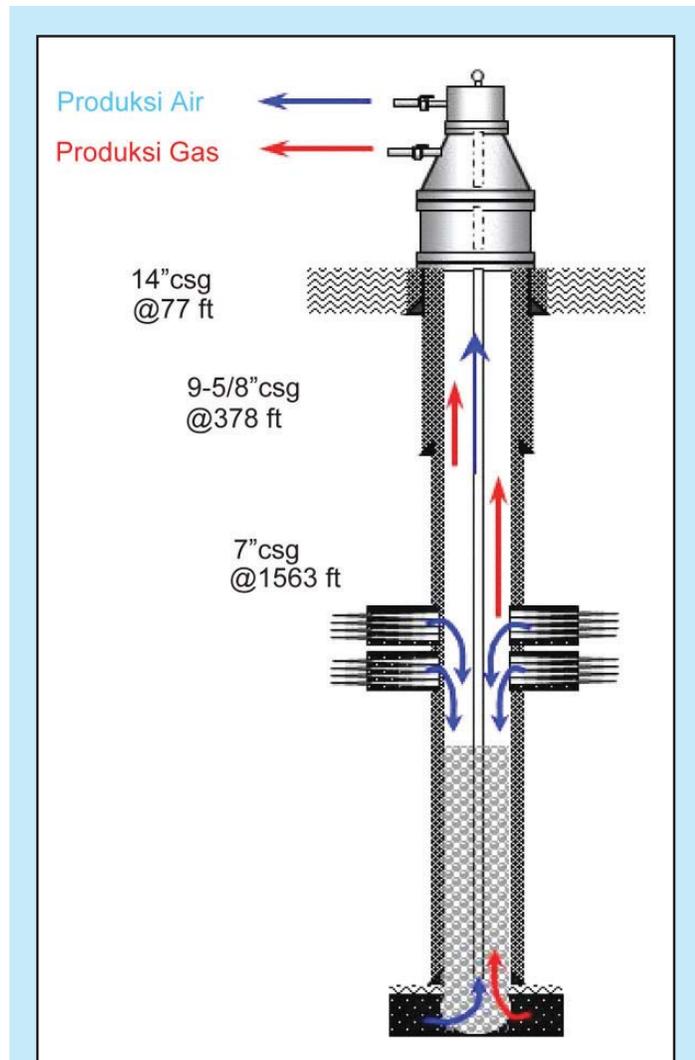
Berikut contoh hasil analisa perbandingan biaya dalam mendesain bubuk semen tanpa menggunakan material *light weight cement (LWC)* dan menggunakan

material *light weight cement (LWC)* untuk densitas 13.00 ppg.

Data pemboran sumur GMB untuk kedalaman 750 meter dengan casing ukuran 7". Dengan data sumur tersebut terdapat perbedaan biaya yaitu :

- Sistem bubuk semen (*slurry*) *cement* tanpa LWC = US \$ 68.423
- Sistem bubuk semen (*slurry*) *cement* dengan LWC = US \$ 69.519
- Selisih biaya penyemenan sebesar = US \$ 1.096

Biaya tersebut untuk pembelian aditif *light weight cement (chenospheres)*, tetapi hasil perbedaan



Gambar 11
Profil sumur CBM
di Lapangan Rambutan Sumatera Selatan (LEMIGAS, 2010)

sifat fisik (kualitas) semen dengan aditif *light weight cement* (LWC) menunjukkan hasil yang lebih bagus, seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Dari hasil uji laboratorium tanpa LWC hanya menggunakan semen dasar saja menurunkan densitas

hanya dengan penambahan air, mempunyai nilai merah tiga (3), yaitu untuk *fluid loss* yang tinggi yang menyebabkan fluida semen masuk ke dalam formasi dan akan menghasilkan nilai *compressive strength* yang rendah akibat dari *set* awal yang terlalu

Tabel 2
Hasil perbandingan uji laboratorium aplikasi desain formulasi bubuk semen untuk sistem semen ringan

System	Slurry Density	Thickening Time	Fluid Loss	Free Water	Rheology		Compressive Strength
	(ppg)	(Hrs:min)	(cc/30min)	(%)	Room	BHCT	(psi)
No LWC	13.00	3:53	1441	9	7	12	320
LWC	13.00	3:55	38	0	103	87	1850



INTEGRATED DRILLING MANAGEMENT
PPPTMGB "LEMIGAS" - PT. ELNUSA DRILLING SERVICES



DAILY WELL HISTORY
PPPTMGB "LEMIGAS"
WELL : CBM-05

DATE	DEPTH (Ft)	OPERATION AT MIDNIGHT	DRILLED (Ft)	MUD WEIGHT (ppg)	OPERATIONS (OPERATIONS BREAKDOWN FROM 00:00 TO 24:00)
					coba dengan sirkulasi, tak ada aliran balik. Tekanan naik menjadi 400 psi. Indikasi Pack Off, atasi dengan putar rangkaian dengan kunci Tong & lakukan work on pipe, rangkaian berhasil terangkat, lanjut cabut rangkaian dengan sirkulasi dari 2142ft sampai 2065 ft (SPM = 58/87. GPM = 362, SPP = 179)
16-10-06	2910	run E-log (Calper)	0	10.9	Lanjut cabut rangkaian dengan sirkulasi dari 2065 ft sampai 1845 ft (SPM=54/91, GPM=285, SPP=194) Cabut normal dari 1845 ft sampai permukaan. Tunggu program Persiapan dan run E-log 1 (Calper) oleh ELNUSA Wire Line Logging
17-10-06	2910	Sirkulasi untuk cementing plug	0	10.9	L/D Elnusa Wire Line Logging tools. Masuk Open Ends DP5" sampai 317ft Tunggu program sambil perbaikan centrifugal mud pump & Mud hopper P/u & M/u Tbg 2 7/8 10 Jts dan pipe rack. Masuk Open End 2-7/8" TUBING DP5" sampai 2154 ft Wash down dari 2154 ft sampai 2253 ft (Top of fish). Sirkulasi bersihkan lubang G 2253 ft untuk cementing plug SPM=-/113, GPM=219, Pressure 104 psi
18-10-06	1988	Masuk pahat 8-12" sampai 1988 ft (TOC)	0	10.9	Lanjut sirkulasi bersihkan lubang sambil potong cement 560 sack untuk cementing job persiapan & cementing job - R/U cementing head - Safety meeting - Test line 1500 psi. ok - Pompakan water ahead 56 bbls - Aduk & pompakan bubuk cement 182 bbls, 16 ppg - Pompakan water behind 177 bbls - Displace 336 bbls mud sambil work on pipe (indikasi Packoff CP=50-60 kbs) - L/D cementing head, work on pipe (up to 100 kbs) pipe bebas Cabut rangkaian DE Tubing CP dan 2253 ft sampai 1965 ft. Normal sirkulasi dengan pompa rig (cement keluar permukaan 50 bbls) Catatan: Dengan sirkulasi normal (theoretical of bottom up) = 2275 stroke actual dari mulai semen keluar didapat 5305 stroke. Estimasi diameter lubang terbuka = 18" WOC sampai cabut OE 2-7/8" TBG DP 5" dari 1985 sampai permukaan (OD 10 jobs Tubing 2-7/8") & Ganti linier pump #1 & #2 dengan size 6-1/2" Masuk pahat 8-1/2" sampai 1988 ft (TOC) break circulate di 1980 ft L/D 8 jbs Dp 5"

Gambar 12
Data *daily well drilling* sumur CBM Lapangan Rambutan (LEMIGAS, 2010)

cepat. Termasuk hasil *free water* yang besar, hal ini menyebabkan terjadinya penurunan kolom selang penyemenan di dalam rongga *casing* yang berakibat kolom tidak tersemen seluruhnya.

Sedangkan hasil dengan menggunakan LWC diperoleh hasil yang bagus, *fluid loss* sedikit, tanpa *free water* dan hasil *compressive strength* yang tinggi diatas persyaratan API *Spec.*(minimal 1000 psi) untuk melanjutkan trayek pemboran selanjutnya dengan aman.

D. Kajian Penyemenan pada Formasi Batubara Sumur CBM Rambutan

Pilot project riset *coal bed methane* Lemigas dalam mengeksplorasi gas metana batubara telah selesai dan berhasil diproduksi dan digunakan sebagai sumber energi *alternative* pengganti energi fosil.

Dari sumur CBM yang telah dibuat setelah dilakukan kajian terdapat mitigasi kerusakan formasi yang terjadi akibat dari penyemenan sumur, hal tersebut menyebabkan sumur tidak dapat berproduksi secara optimum dalam proses *dewatering*-nya, yaitu produksi air masih kecil, bahkan gas keluar sangat kecil (Lemigas 2010).

Gambar diatas menggambarkan profil yang ideal dari sumur CBM di lapangan Rambutan SumSel pada proses *dewatering*, diharapkan air yang berasal dari formasi batubara pada kedalaman 1563 ft akan keluar dan turun kebawah dan mengalir kepermukaan melalui *tubing* dengan bantuan pompa, sedangkan gas metana batubara akan terpisah dengan air dan akan mengalir ke permukaan melalui *annulus casing*.

Bagaimana hasil penyemenan pada Sumur CBM di lapangan Rambutan?

Berdasarkan kajian dari data pendukung *daily report drilling* pada gambar 12 dibawah ini, sebelum dilakukan penyemenan *annulus* antara *casing* dan dinding lubang bor, terjadi runtuh dinding lubang bor mengakibatkan pelebaran ukuran diameter lubang bor. Sehingga volume semen yang dipompakan menjadi banyak dan hasil semen tebal pada *annulus* formasi produktif batubara yang runtuh. Setelah dilakukan perforasi hasil lubang perforasi tidak mampu menembus semen pada formasi produktif. Alternatif solusi masalah tersebut yaitu dengan perforasi ulang atau pemboran *directional* karena semen yang digunakan densitasnya terlalu besar dan menghasilkan kekuatan yang besar juga sehingga

perforasi sulit untuk menembus formasi produktif batubara.

Diharapkan dengan penelitian ini aplikasi penggunaan semen ringan (*light weight cement*) untuk menurunkan densitas semen menjadi (13 ppg) akan *me-minimize* efek kerusakan formasi akibat semen dengan densitas yang besar (16 ppg) masuk kedalam rongga formasi produktif batubara. Kelebihan lain dari semen ringan yaitu memudahkan dalam proses perforasi apabila terjadi penyemenan dengan kolom yang tebal.

IV. KESIMPULAN

Aditif extender merupakan aditif yang cocok digunakan dalam mendesain formulasi bubuk semen (*slurry*) pemboran yang berfungsi menurunkan densitas bubuk semen untuk sumur dengan kondisi reservoir GMB yang bertekanan rendah. Nilai kuat tekan (*compressive strength*) batuan semen cenderung berkurang apabila prosentase komposisi bahan aditif *extender* bertambah dalam suspensi semen, seiring dengan penurunan densitas. Pemakaian aditif *glass bubbles* adalah yang paling optimum dalam mendesain semen ringan (*light weight cement*). Penggunaan *extender* dalam semen ringan (*light weight cement*) dapat mempercepat waktu tunggu semen kering (SPE 163083, 2011).

Kendala dalam mendesain semen ringan (*light weight cement*) adalah terjadinya pengendapan (*settling*) bubuk semen (*slurry*) disebabkan karena adanya perbedaan *specific gravity* dari material aditif *extender* dengan semen, yang berakibat terhadap pengurangan kolom lubang penyemenan dalam *annulus* di pipa sumur pemboran.

Prosedur *mixing* dalam pembuatan bubuk semen untuk penggunaan aditif *chinospheres* atau *glass bubbles* secara *dry mix* dengan kecepatan *motor rate per minute* (RPM) *low speed*, untuk menjaga agar aditif tidak pecah serta diperoleh homogenitas bubuk semennya (SPE 165796, 2013). Sedangkan penggunaan *bentonite* secara *pre hydrate* untuk memaksimalkan pengembangannya dalam fasa cairan (Erik B. Nelson 1990).

Aplikasi penggunaan semen ringan (*light weight cement*) untuk mitigasi kerusakan formasi akibat penyemenan pada sumur GMB cocok diterapkan untuk penyemenan "*cased hole*" yang akan dilakukan perforasi (*perforated*) dan perekahan (*fracturing*).

Penggunaan aditif *extender* yang optimum dalam desain formulasi bubuk semen (*slurry*) untuk memperoleh semen ringan yang diinginkan yaitu: *bentonite* 2%, *fly ash* 40%, *chenospheres* 15%, *glass bubbles* 30%.

KEPUSTAKAAN

American Petroleum Institute Spec.10., 1984, "*API Specification for Materials and Testing for Well Cements*", Specification 10, Second Edition.

American Petroleum Institute Spec.10A., 2010, "*API Specification for Cements and Materials for Well Cementing*", Specification 10A, Twenty-fourth Edition.

Dwight K. Smith., 1990, "*Cementing Monograph Vol. 4*", Senior Staff Associate Halliburton Services, Revised Edition, Second Printing 1990, SPE of AIME, New York City.

Erik B. Nelson., 1990, "*Well Cementing*", Schlumberger Educational Services, Texas.

Fred Sabins., 2001, "*Ultra Lightweight Cement*", Quarterly Report, October 1 to December 31, 2000, Cementing Solutions, Inc. 4613 Brookwoods Drive, Houston.

Halliburton Company., June 2007, "*Coalbed Methane: Principles and Practices*", Well Construction, Chapter 5.

LEMIGAS., 2010, "*Laporan: Kajian Penyemenan Sumur CBM di Muara Enim Sumsel*", Pusat Penelitian dan

Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", Jakarta, 2010.

Schlumberger, Autumn 2003, "*Oilfield Review*", 225 Schlumberger Drive Sugar Land, Texas 77478, USA.

SPE 96108, 2005, "*Foamed Conventional Lightweight Cement Slurry for Ultralow Density and Low ECDs Solvest Lost-Circulation Problem Across Coal Formations: A Case History*", T. Marriott, J. Griffith, G. Fayten, Halliburton; G. Szutiak, Anadarko Canada Corp.

SPE 163083, 2011, "*Improving Heavy-Oil Well Economics with Hollow Microsphere Cementing Solution: Case History*", By Bob Carver, Yudy Fitriyansyah, Chevron; Binyamin Agung KP, Halliburton.

SPE 165796., 2013, "*Prehydrating High-Strength Microspheres in Lightweight Cement Slurry Creates Value for Offshore Malaysian Operator*". By Moh Nordin Abdullah, Talisman Malaysia Ltd; David Bedford, Swei Ru Wong and Hui San Yap, Halliburton.

Standar Nasional Indonesia., 2010, "*Spesifikasi Semen dan Material untuk Penyemenan Pemboran*", Badan Standardisasi Nasional, Indonesia, SNI 13-3044-88.

3M., 2010, "*Light Weight Cements-Made with 3M Glass Bubbles*" Case Study: Lightweight Cementing in Chevron Duri Field and Chevron Texaco Kuwait.