

# OPTIMASI *DESIGN LIGHT WEIGHT CEMENT* UNTUK MENGATASI MASALAH PENYEMENAN DI *WEAK FORMATION*

Rizkon Khabibilah \*  
Ganesha Rinku Darmawan, S.T., M.T. \*\*

---

## Abstrak

Salah satu permasalahan pemboran adalah formasi lemah atau *weak formation* dengan tekanan *fracture gradient* yang rendah, Pada lapangan Zeus yang diteliti mempunyai *weak formation*. Sehingga berpotensi pecahnya formasi dan serta berpotensi mengalami *loss circulation*. Salah satu metode penyemenan yang cocok untuk *weak formation* dapat dilakukan dengan penggunaan *extender additive*, *light weight additive*, dan sistem nitrogen. Tujuan dari penelitian ini agar kita mendapatkan *design cement slurry* terbaik untuk lapangan Zeus yang memiliki permasalahan *weak formation*, mengetahui pengaruh penambahan *light weight cement* pada kondisi suhu *bottom hole circulate temperature (BHCT)* & *bottom hole static temperature (BHST)* dan pengaruh terhadap kekuatan semen pemboran (*compressive strength*), serta mengetahui pengaruh penambahan *light weight additive* terhadap performa *cement slurry* dan menghitung keekonomisannya. Telah didapatkan 8 formula *light weight cement* terbaik untuk lapangan Zeus dengan konsentrasi *chemical additive* yang sesuai untuk 13 3/8 inch casing tail, 9 5/8 inch casing scavenger, 9 5/8 inch casing tail, 7 inch casing lead, 7 inch casing tail, 7 inch casing scavenger, 5 inch liner scavenger, dan *thixotropic cement plug*, suhu meningkat menyebabkan *thickening time* memendek dan sekaligus meningkatkan nilai *compressive strength*, penggunaan konsentrasi *light weight additive (extender & cenosphere)* yang sesuai akan menghasilkan nilai *compressive strength* yang baik walaupun memiliki *light weight cement* sistem, Secara biaya, formulasi biaya termurah adalah bentonite 1,40 USD/lbs, cenosphere 3,42 USD/lbs dan termahal sodium silicate 35 USD/galls.

Kata kunci : *weak formation*, *light weight system*, keekonomisan.

\*) Mahasiswa Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi Sains Bandung

\*\*) Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi Sains Bandung

---

## I. Pendahulua

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Lapangan Zeus *fracture pressure* 11 hingga 15,9 ppg telah termasuk kategori *weak formation*. Formasi ini dapat menimbulkan permasalahan seperti *loss circulation* dan rusaknya formasi bila menggunakan metode konvensional dalam menanggulangnya. Solusi dari permasalahan tersebut akan menggunakan *advanced fluid system* seperti sistem semen ringan dan *thixotropic cement*.

### 1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan menjadi perhatian dan pencarian solusi, yaitu sebagai berikut:

1. Mencari desain *cement slurry* untuk sistem semen ringan pada lapangan Zeus.
2. Bagaimana pengaruh sistem semen ringan terhadap berbagai kondisi suhu (BHCT dan BHST)?
3. Bagaimana pengaruh sistem semen ringan terhadap nilai *compressive strength* ?
4. Bagaimana pengaruh suhu terhadap nilai *compressive strength* ?
5. Bagaimana pengaruh *light weight additive* terhadap performa *cement slurry*.

### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud serta tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan desain *cement slurry* terbaik pada kondisi densitas rendah untuk sistem semen ringan di lapangan Zeus,
2. Mengetahui pengaruh semen ringan (*light weight cement*) terhadap berbagai kondisi suhu (BHCT dan BHST),
3. Mengetahui pengaruh semen ringan terhadap kekuatan semen pemboran (*compressive strength*),
4. Mengetahui pengaruh suhu terhadap kekuatan semen pemboran (*compressive strength*),
5. Mengetahui pengaruh *light weight additive* terhadap performa *cement slurry*.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah pengamatan dan pengujian terhadap sifat performa *cement slurry* dengan berbagai macam test seperti : *density*, *rheology*, *sediment*, *fluid loss*, *free fluid*, *thickening time*, *compressive strength test*, *static gel strength*, dan *cement hydration analyzer* dari berbagai desain campuran semen ringan dengan

standar internasional API RP 10B-2 dan ISO 10426-2.

Batasan masalah pada pengujian test ini dilakukan pada skala laboratorium dengan tiga macam *light weight additive* yang digunakan selama percobaan, yaitu *extender liquid (sodium silicate)*, *extender powder (bentonite)*, dan *cenosphere*. Beragam suhu yang digunakan berdasarkan keadaan di lapangan Taruna dimulai dari 24 °C, 58 °C, 73 °C, 89 °C, dan 104 °C sebagai *bottom hole circulate temperature (BHCT)* sedangkan untuk *bottom hole static temperature (BHST)* sebesar 35 °C, 77 °C, 96 °C, 116 °C, dan 135 °C.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan solusi terhadap *weak formation* yang berpotensi hilangnya fluida pemboran ke formasi (*loss circulation*) dan pecah formasi pada lapangan Zeus,
2. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh campuran semen ringan terhadap berbagai kondisi pada sumur pemboran seperti :
  - Variasi suhu berdasarkan : BHCT dan BHST
  - Variasi terhadap tujuan penyemenan : *surface casing (tail)*, *intermediate casing (tail dan scavenger)*, *production casing (lead, tail, dan scavenger)*, *tie back liner (scavenger)*, dan *thixotropic cement plug*.
  - Variasi dari berbagai jenis *light weight additives* : *liquid extender (sodium silicate)*, *powder extender (bentonite)*, dan *cenosphere*.
  - Mempelajari berbagai performa atau kelakuan bubuk semen ringan itu sendiri terhadap sifat-sifat semen, *light weight cement slurry behavior*.
3. Mendukung kemajuan teknologi penyemenan yang terus berkembang dengan jenis *cenosphere* baru berdensitas 0,5 g/cm<sup>3</sup>, diluar standar densitas *cenosphere* yang pada umumnya dipakai sekitar 0,70 g/cm<sup>3</sup>
4. Mencegah dan menghindari terhadap masalah yang sama yaitu *loss circulation* dan pecah formasi di masa mendatang dengan perencanaan, desain dan eksekusi yang baik.
5. Membantu mengevaluasi dan mengoreksi sistem terdahulu dengan teknologi yang lebih efektif dan efisien. Serta tentunya dapat menghemat biaya pemboran.

## II Kajian Pustaka

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Metode sistem semen ringan ini terbagi menjadi 3 metode, yaitu:

1. Penggunaan *extender additive* : *additive* yang dapat menyerap air untuk menurunkan densitas *slurry cement*
2. *Light weight additives* : *additive* berdensitas rendah untuk menurunkan keseluruhan densitas *slurry cement*.
3. Sistem nitrogen : memompakan nitrogen ke dalam semen dan menurunkan berat semen tersebut.

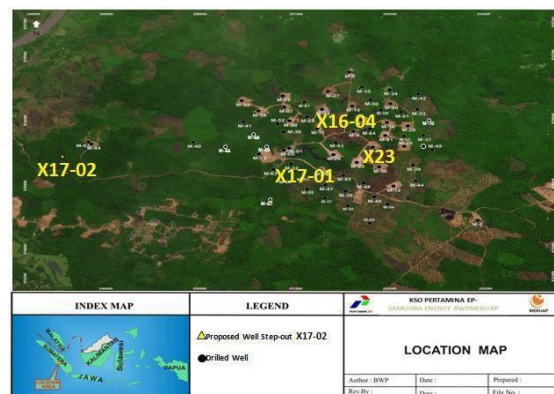
Sedangkan untuk penelitian ini menggunakan metode semen ringan *extender additives* dan *light weight additive*.

Sifat-sifat *cement slurry* terdiri dari densitas, *rheology*, *fluid loss*, *free fluid*, *thickening time*, *compressive strength*, *static gel strength* dan *hydration*.

*Cement slurry* terdiri dari *powder base*, *water base*, dan *chemical additive*.

### 2.2 Tinjauan Lapangan

Lapangan Zeus terletak di Jambi, Sumatra mempunyai 4 sumur penelitian yaitu sumur X16- 04, X23, X17-01, dan X17-02 dengan desain densitas semen sebesar 11.5, 12.5, dan 13.5 ppg yang diharapkan mampu menjaga tekanan formasi.



Gambar 1 Lapangan Zeus dengan Empat Sumur Penelitian

X16-04 merupakan sumur pengembangan berarah sebagai penginjeksi air. X23 ialah sumur pengembangan vertikal sekaligus penambah kedalaman. X17-01 adalah sumur pengembangan vertikal dengan *casing 7"* sebagai produksinya. Sedangkan untuk sumur X17-02 adalah sumur pengembangan vertikal dengan *casing liner 5"* sebagai produksinya.

Keempat sumur ini mempunyai masalah *weak formation* pada formasi Muara enim dan Air benakat pada cekungan Sumatra Selatan dengan rencana penyemenan untuk 13 3/8 *inch casing tail*, 9 5/8 *inch casing scavenger*, 9 5/8 *inch casing tail*, 7 *inch casing lead*, 7 *inch casing tail*, 7 *inch casing scavenger*, 5 *inch liner scavenger*, dan *thixotropic cement plug*.

### 2.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu :

1. Penambahan persentase *light weight additives* akan semakin menurunkan nilai densitas dari *cement slurry* tersebut.
2. Dengan penggunaan persentase *light weight additives* berjenis *chemosphere* yang tidak berlebihan maka nilai *compressive strength* dari semen akan baik dan penggunaan *light weight additives* berjenis *extender* yang berlebihan akan menurunkan nilai *compressive strength*.
3. Dengan penambahan air untuk menurunkan densitas *cement slurry* maka kelakuan *slurry* terhadap waktu pengerasan semen akan lebih lama dari sebelumnya
4. Akibat dari densitas semen yang menurun maka harga *yield* semen akan meningkat.
5. *Temperature* semakin tinggi maka nilai *compressive strength* akan meningkat.

### III Metodologi Penelitian

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah percobaan di laboratorium, kasus lapangan, metode perbandingan dan metode penyeleksian. Jenis dan sumber data didapatkan dari data percobaan di laboratorium, *literature*, dan data lapangan.

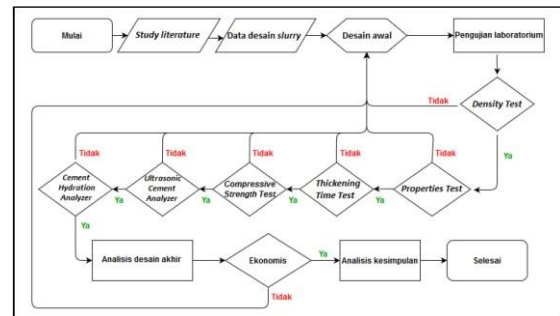
#### 3.2 Diagram Alir

*Study literature* merupakan langkah pertama didalam diagram alir dengan memulai pengumpulan berbagai referensi penelitian yang berhubungan dengan tema sistem semen ringan. Langkah berikutnya adalah pengumpulan data yang mendukung penelitian seperti data lapangan berupa suhu (BHCT dan BHST), BHP, *Chemical additives* yang akan digunakan, dan data target performa semen ringan (Tabel 1). Data didapatkan mulailah pendesainan awal untuk komposisi formula sistem semen ringan yang kemudian dilakukan pengujian di laboratorium dengan melakukan penimbangan dan pencampuran zat aditif semen.

Setelah *cement slurry* terbentuk dilakukan lah pembuktian densitas, apakah sistem tersebut benar berdensitas rendah dengan 3 densitas pada program *cement slurry* (Tabel 1) sebesar 11,5 , 12,5 , 13,5 *ppg*. Setelah terbukti memenuhi densitas tersebut mulai lah dilakukan serangkaian *test* dari *properties test* yang terdiri dari *rheology test*, *fluid loss test*, *free fluid test* dan tes sedimen, kemudian dilanjutkan *thickening time test*, *compressive strength test*, *UCA*, dan *CHA*.

Semua proses pengujian ini berdasarkan penyeleksian performa terhadap desain komposisi formula yang dilakukan untuk mendapatkan desain akhir dengan performa yang optimal. Desain akhir yang telah didapatkan akan dilakukan analisis secara

ekonomis apakah layak diterapkan pada lapangan Zeus.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Setelah mendapatkan desain formula akhir pun akan dilakukan pengujian berulang sebanyak 2 kali baik dari internal perusahaan yang dilakukan pada 6 Oktober 2019 maupun eksternal dengan disaksikan pihak luar pada tanggal 31 Oktober 2019 sebagai *witness investigation*.

### IV Hasil dan Analisis Penelitian

#### 4.1 Program Pemboran Lapangan Zeus

Lapangan Zeus mempunyai beberapa program yang akan diaplikasikan mulai dari program penyemenan, program *casing string*, dan program *cement slurry*. Ketiga program ini merupakan data awal yang dibutuhkan dalam pendesaian *cement slurry* di laboratorium dengan target performa yang sesuai di lapangan. Selain itu juga sebagai data penunjang dalam mendesain jumlah pemakaian di lapangan pada tahap akhir. Berikut adalah program *cement slurry* yang digunakan sebagai data awal pendesaian sekaligus tujuan dari performa *cement slurry*, Tabel 1.

Tabel 1 Program Cement Slurry

Tabel 1 Program cement slurry												
No	Remark	Casing Size, inch	Specification of Cement Slurry	Depth Interval, ft	Temperature Gradient, °F/100ft	BHCT, F	BHCT, C	BHST, F	BHST, C	Density Slurry, ppg	Qualification of Cement Slurry	
1	Surface Casing	13 3/8	Tail	0-600	2,03	76	24	76	24	13,5	TT	3:00 - 4:00 hrs min at 70 BC
											FL	N/A
											FW	0%
											CS	>650 psi/12 hrs and >850 psi/24 hrs
2	Intermediate Casing	9 5/8	Scavenger	0-2200	3,96	136	58	170	77	11,5	TT	8:00 (Not Set)
											FL	N/A
											FW	0%
											CS	N/A
3	Intermediate Casing	9 5/8	Tail	0-2200	3,96	136	58	170	77	13,5	TT	4:00 - 5:00 hrs min at 70 BC
											FL	<200 cc
											FW	0%
											CS	>1200 psi/12 hrs and >1800 psi/24 hrs
4	Production Casing	7	Scavenger	0-5270	2,99	192	89	240	116	11,5	TT	8:00 (Not Set)
											FL	N/A
											FW	0%
											CS	N/A
5	Production Casing	7	Lead	0-5270	2,99	192	89	240	116	12,5	TT	4:00 - 5:00 hrs min at 70 BC
											FL	<30 cc/30min
											FW	0%
											CS	>700 psi/12 hrs and >1100 psi/24 hrs
6	Production Casing	7	Tail	0-5270	2,99	192	89	240	116	13,5	TT	3:30 - 4:30 hrs at 70 BC
											FL	<200 cc
											FW	0%
											CS	>1300 psi/12 hrs and >1900 psi/24 hrs
7	Production Casing Liner	5 (liner)	Scavenger	5070-6450	2,99	220	104	273	135	11,5	TT	8:00 (Not Set)
											FL	N/A
											FW	0%
											CS	N/A
8	-	-	Thiobaropir Cement Plug	3500-4000	2,99	164	73	205	96	12,5	TT	4:00 - 4:30 hrs min at 70 BC
											FL	N/A
											FW	0%
											CS	>500 psi/12 hrs and >1000 psi/24 hrs

## 4.2 Desain Formula Sistem Semen Ringan

Terdapat 8 formula desain optimum (lampiran A) yang telah didapatkan di laboratorium yaitu :

1. 13 3/8 inci *casing tail*
2. 9 5/8 inci *casing scavenger*
3. 9 5/8 inci *casing tail*
4. 7 inci *casing lead*
5. 7 inci *casing tail*
6. 7 inci *casing scavenger*
7. 5 inci *liner scavenger*
8. *Thixotropic cement plug*.

Pada desain 13 3/8 inch *casing tail* dengan konsentrasi 6% *sodium silicate* yang dimanfaatkan pada suhu rendah dan kedalaman dangkal. Formula 9 5/8 inch *casing tail*, 7 inch *casing lead*, 7 inch *casing tail*, dan *thixotropic cement plug* dengan konsentrasi masing-masing yaitu : 8%, 12%, 8%, dan 8 % untuk penggunaan *cenosphere* karena membutuhkan nilai *compressive strength* yang tinggi. Sedangkan desain *scavenger* (9 5/8 inch *casing*, 7 inch *casing* dan 5 inch *liner*) dengan konsentrasi *bentonite* 3% yang memanfaatkan penambahan air sehingga waktu pengerasan menjadi lebih lama dari seharusnya.

## 4.3 Keekonomisan Lapangan Zeus

*Light weight additive* sendiri yang terdiri dari *sodium silicate*, *bentonite* dan *cenosphere* mempunyai harga yang bervariasi, dimana harga pemakaian *bentonite* adalah yang paling murah sebesar 1,40 USD/lbs diantara 2 *light weight additive* lainnya. Dan kemudian disusul oleh *cenosphere* sebesar 3,42 USD terhadap satuan berat, pound. Terakhir adalah *sodium silicate* berkisar 35 USD/gallon. Faktor biaya ini lah yang menjadi salah satu penentuan dalam pemilihan jenis *light weight additive* yang akan digunakan dalam *cement slurry* pada lapangan Zeus.

Tabel 2 Biaya *Chemical Additive* dalam Penyemenan

Material	Biaya
<i>Cement G</i>	21,72 USD/sack
<i>Defoamer</i>	53,79 USD/galls
<i>Sodium silicate</i>	35 USD/galls
<i>Bentonite</i>	1,40 USD/lbs
<i>Fluid loss additive</i>	61,29 USD/galls
<i>Gas block additive</i>	40,69 USD/galls
<i>Retarder</i>	66 USD/galls
<i>Accelerator</i>	0,8 USD/lbs
<i>Thixotropic agent</i>	55 USD/galls
<i>Cenosphere</i>	3,42 USD/lbs

Kegiatan *loss cure plug* atau *thixotropic cement plug* mempunyai perkiraan biaya 59,84 USD/bbl dimana lebih murah dibandingkan penyemenan 13 3/8 inch *casing light weight slurry* sebesar 99,53 USD/bbl, penyemenan 9 5/8 inch *casing light weight slurry* sebesar 99,60 USD/bbl dan 7 inch *casing light weight slurry* sebesar 96,60 USD/bbl. Sedangkan untuk

perhitungan biaya yang dilakukan pada setiap *chemical* yang digunakan dapat dilihat pada lampiran B untuk kedelapan desain.

## 4.4 Peningkatan Performa pada Sistem Semen Ringan

### 4.4.1 Kelakuan *Chemical Additive*

*Chemical additive* merupakan bahan kimia yang akan dicampurkan dalam *cement slurry* yang mempunyai fungsi dan peranan masing-masing dalam membentuk suatu sistem semen yang diinginkan

- Pengaruh air terhadap densitas bubuk semen

Semakin banyak air yang ditambahkan didalam suatu sistem semen maka akan menimbulkan dampak pengenceran sehingga menurunkan kekentalan, viskositas dan densitas dari bubuk semen tersebut. Dari sini lah merupakan salah satu landasan yang dipakai pada sistem semen ringan. Dan dalam penelitian ini telah diterapkan landasan tersebut dengan menghidrasikan *bentonite* dengan sejumlah air agar mendapatkan penurunan densitas bubuk semen yang efektif dibandingkan hanya bubuk *bentonite* saja.

- Pengaruh air terhadap performa *cement slurry*

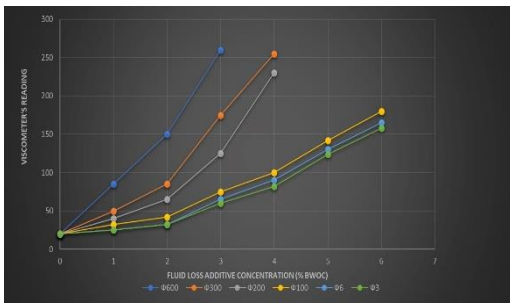
Dengan penambahan air yang lebih banyak maka densitas menurun sesuai sistem semen ringan akan menghasilkan *cement slurry* yang lebih encer sehingga akan menurunkan performa pengerasan semen baik kekuatan (*compressive strength*) maupun memperlama waktu pengerasan (*thickening time*) bubuk semen tersebut. Memperbesar *volume* dan *yield* juga merupakan efek lainnya yang diakibatkan oleh penambahan air. Dampak negatif lainnya adalah adanya resiko kemunculan *free fluid*, endapan di dasar semen (*solid settling*), dan segregasi.

- Pengaruh *light weight additive* terhadap densitas bubuk semen

Semakin banyak konsentrasi *light weight additive* berupa *cenosphere*, *bentonite* dan *sodium silicate* yang ditambahkan maka akan semakin menurunkan densitas bubuk semen secara keseluruhan sehingga dapat dikatakan sebagai sistem pembentuk semen ringan tersebut telah bekerja. Pada Tabel 4 terlihat interval densitas *cement slurry* yang dapat dipakai oleh ketiga *light weight additives* pada penelitian ini. *Bentonite* mempunyai rentang dari 11,2 hingga 15,0 ppg, *sodium silicate* dimulai dari 11,5 hingga 14,5 ppg. Dan untuk *cenosphere* 11,0 hingga 15,0 ppg. Dan karena penelitian ini mempunyai 3 densitas *cement slurry* yaitu 11,5 , 12,5 dan 13,5 ppg, maka ketiga *light weight additive* tersebut dapat dipakai kedalam semua sistem di lapangan Zeus.

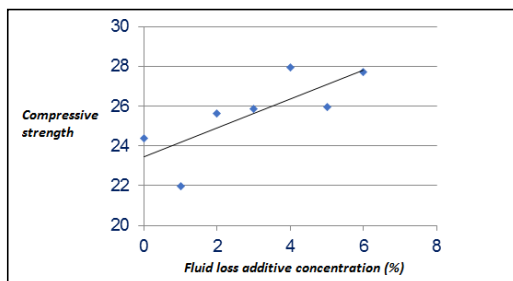


konsentrasi *fluid loss additive* yang digunakan.



Gambar 6 Konsentrasi *fluid loss additive* terhadap performa *rheology*

Selain terbukti meningkatkan sifat kekentalan *cement slurry* tersebut terdapat dampak lainnya terhadap kenaikan konsentrasi *fluid loss additive* yang terlihat yaitu nilai *compressive strength* yang cenderung meningkat dan berbanding lurus pada gambar Grafik 7 dibawah ini dengan formula dan suhu yang dijaga tetap sama untuk mempermudah dalam perbandingan pada kelakuan performa *cement slurry* tersebut. Oleh karena itu *fluid loss additive* digunakan dalam sistem semen ringan untuk menaikkan kembali performa yang turun akibat penurunan densitas *cement slurry*, terutama performa kekentalan dan *compressive strength*.



Gambar 7 Konsentrasi *fluid loss additive* terhadap performa *compressive strength*

- Pengaruh *retarder additive* terhadap performa *cement slurry*  
 Dengan semakin ditambahkan konsentrasi retarder kedalam suatu *cement slurry* akan menyebabkan semakin lamanya *thickening time* semen tersebut. Hal lainnya yang dapat dianalisis dalam kelakuan retarder adalah factor suhu yang mempengaruhinya, semakin suhu meningkat maka efek retarder tidak akan bekerja secara maksimal. Dan efek minor lainnya dapat terlihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 Pengaruh *retarder* terhadap performa *cement slurry*

Temp. °C	H21L %	T.T. min	Rheology 600/300/200/100/6/3	Fluid Loss ml	Free Fluid %	C.S. Mpa
40	0.20	221	250/135/93/49/6/5	26.2	0	25.5
50	0.25	230	248/136/95/49/7/6	27.4	0	27.7
60	0.25	192	247/138/94/48/6/5	22.7	0	20.6
70	0.30	228	221/125/88/45/7/5	26.8	0	25.1
80	0.35	244	208/113/78/42/6/5	24.0	0	26.4
90	0.40	234	220/115/76/40/6/4	27.0	0	24.9
100	0.5	242	201/108/75/38/7/5	28.6	0	28.6

#### 4.4.2 Kelakuan Sistem Semen Ringan

Sebelumnya telah dibahas mengenai kelakuan serta performa dari *chemical additive* yang mempengaruhi suatu *cement slurry* baik pengaruh positif maupun negatif, namun tidak hanya dari faktor *chemical additive* saja yang berperan membentuk suatu performa *cement slurry*. Dan berikut adalah kelakuan sistem semen ringan terhadap faktor luar lainnya yang dapat memberikan cukup pengaruh dalam penentuansuatu performa.

- Pengaruh *temperature* terhadap *thickening time*

Performa *thickening time* yang dipengaruhi oleh retarder akan berubah bila adanya faktor suhu yang ada. Suhu semakin meningkat maka *thickening time* akan semakin cepat dalam proses pengerasannya, terlihat pada tabel 7 diatas.

- Pengaruh *temperature* terhadap *compressive strength*

Umumnya semakin suhu meningkat maka nilai *compressive strength* akan semakin menguat begitu pun dalam sistem semen ringan, namun karena berada dalam sistem semen ringan maka nilai *compressive strength*-nya pun masih terbilang kecil walau masih tetap terlihat kecenderungan akan peningkatan nilai.

## V Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Didapatkan 8 formula semen ringan terbaik dengan konsentrasi *chemical additive* yang sesuai untuk 13 3/8 inch casing tail, 9 5/8 inch casing scavenger, 9 5/8 inch casing tail, 7 inch casing lead, 7 inch casing tail, 7 inch casing scavenger, 5 inch liner scavenger, dan *thixotropic cement plug*.
2. Pada suhu 24-58 °C menggunakan *sodium silicate & bentonite* sebagai *light weight* dalam *slurry system*, sedangkan pada suhu 58-89 °C menggunakan *light weight* berjenis *chenosphere* untuk menjaga *compressive strength* yang sudah di isyaratkan mulai tinggi.
3. Penggunaan konsentrasi *light weight additive* yang sesuai baik *extender* atau *chenosphere* akan membuat nilai *compressive strength* tetap dalam *range* baik walaupun memiliki sistem semen ringan.

4. Suhu semakin meningkat maka akan menyebabkan *thickening time* memendek dan sekaligus meningkatkan nilai *compressive strength*.
5. Pengaruh *light weight additive* terhadap performa *cement slurry* itu sendiri adalah menjaga *slurry characteristic* tetap baik serta mempertahankan nilai *compressive strength*.

## 5.2 Saran

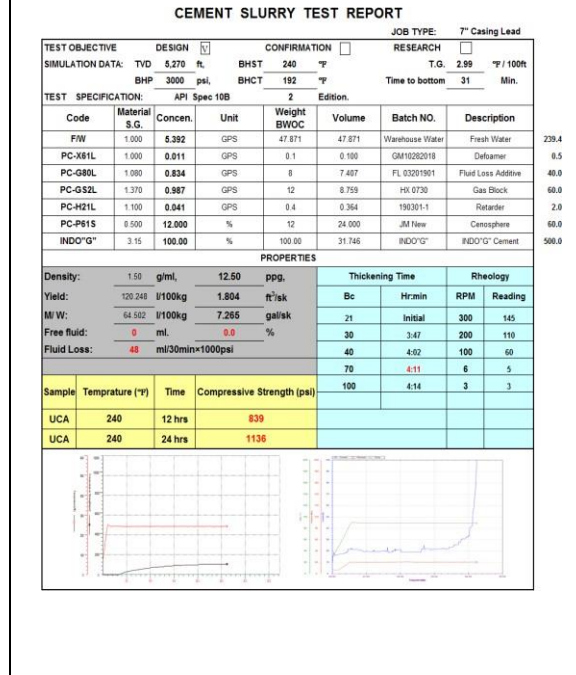
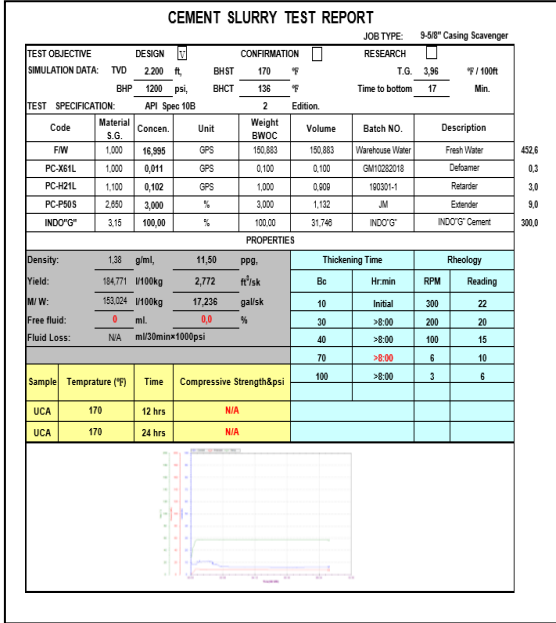
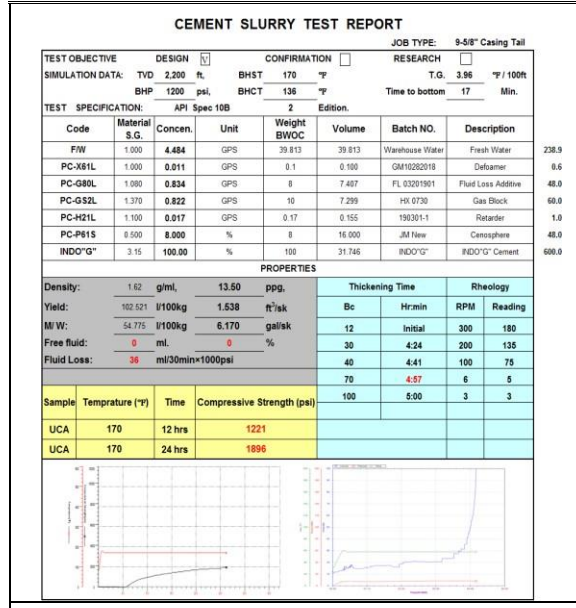
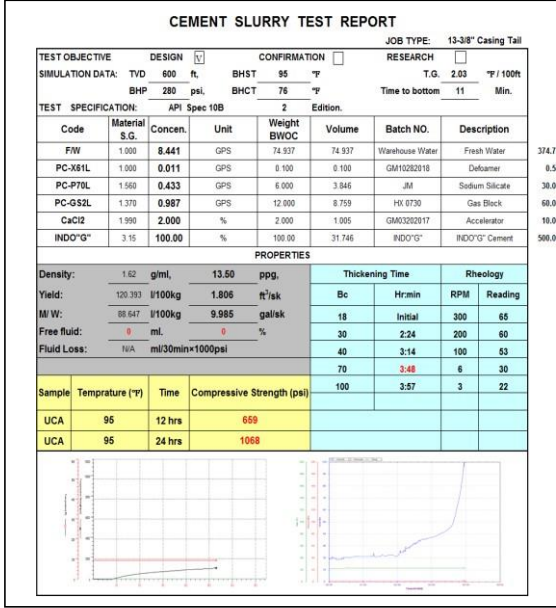
1. Mengembangkan dan memaksimalkan lagi penggunaan *cenosphere* jenis baru atau terobosan *chemical additive* lainnya didalam sistem semen ringan yang lebih efektif dan efisien dengan harga lebih kompetitif.
2. Sangat luas tema sistem semen ringan yang dapat dikembangkan dari sisi sistem pembentuk dan pengaplikasian terhadap *cement slurry* sehingga berpotensi memajukan perkembangan penyemenan di dunia migas.
3. Pada penelitian ini telah menggunakan 3 densitas ringan yaitu 11,5 ppg, 12,5 ppg, dan 13,5 ppg. Sehingga penulis sangat menyarankan untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan memperingan lagi densitas berikutnya dengan *ultra light weight cement slurry system* dengan pemakaian *light weight additive* berupa *glass bubbles* atau penginjeksian dengan nitrogen.

## Daftar Pustaka

1. Albers, Dylan. (2017): *Impact of Alkali Silica Reaction ASR on Structural Integrity of Light Weight Wellbore Cement*, SPE-189277-STU, Texas, USA.
2. Anya, A. (2018): *Lightweight and ultra- lightweight cements for well cementing- a review*, SPE-190079-MS, California, USA.
3. Arco, Manuel. (2008): *Alternatives in low density cement formulation*, Hart Energy Publishing, 1616 S.Voss, Ste. 1000, Houston, TX 77057 USA (713)260-6400.
4. Brandl, A. Arcoda, E.R. Doherty, D.R. Rajaneekornkrilas, V. (2011): *Lightweight cementing design improves zonal isolation on challenging high temperature offshore Thailand wells*, SPE 147012, Colorado, USA.
5. COSL, *Cementing chemicals version 8.1*, Beijing, China
6. Dajani, Ragheb. Curtis, James. (2009): *Guidelines for appropriate application of non-foamed ultra-lightweight cement slurries*, SPE/IADC 119535, Amsterdam, Netherlands.
7. Dongnian, Yu. (2017): *The research and application of low density cement slurry system at low temperature in Daqing Oilfield*, *Advances in Petroleum Exploration and Development Vol. 14, No. 1, 2017, pp. 67-71, China*.
8. Duckworth, Debby. (2011): *SCAVENGER SLURRIES Recycling Vintage Technology for Improved Zonal Isolation and Economic Optimization*, AADE-11-NTCE-50, Texas, USA.
9. Gowida, Ahmed H. Ahmad, Zainaddin, Elkhatmy, Salaheldin. Mahmoud, Mohamed. (2018): *Cement evaluation challenges*, SPE-192360-MS, Dammam, Saudi Arabia.
10. Hafedh, H. Wisam. Gabbar, A. Osama. (2019): *The Properties of Oil Well Cement Slurry with Variable Water Cement Ratio and their Impact on the Environment in Cement Job*, *Journal of engineering and applied science 14 (11):3583-3587, Saint Petersburg, Russia*.
11. Hussain, Atif. Khan, Moin Raza. Gilani, Rashid Hassan. Dar, Usman. Mughal, M. Haroon. Khalid, Arsalan. Javed, Qasim. (2015): *Flexural attenuation with SLG (solid liquid gas) mapping- a new technology to evaluate light and contaminated cements first case study in Pakistan*, SPE-181119-MS, Islamabad, Pakistan.
12. Kumar, Animesh. SPE. Halliburton and Anjani Kumar, G.E.E. Corp. Ltd. (2013): *Cementing light & tight : a CBM cementing story*, SPE 166983, Brisbane, Australia.
13. Larki, Omid Ali. Apourvari, Saeid Norouzi. Schaffie, Mahin. Farazmand, Reza (2019): *A new formulation for lightweight oilwell cement slurry using a natural pozzolan*, *Advances in Geo-Energy Research Vol. 3, No. 3, p. 242- 249, Iran*.
14. Liu, Hexing. Li, Zhong. Huang, Yi. Fang, Manzong, Liu, Zhiqin. (2017): *Ultra Deepwater Cementing Development and Field Applications in Western South China Sea*, SPE-183798-MS, Manama, Bahrain.
15. Nabi, A, G. Qureshi, S.A. Arif, M.U. (2010): *Designing of ultralight slurry for liner cementation-case study*, SPE 132694, Trinidad, Spain.
16. Praptiwi, Indah. *Increasing performance of compressive strength using light weight additive*, Indonesia.
17. Sarmah, Pranjal. Tawat, Najeed Al. Yadav, Prahlad. Agrawal, Gaurav. (2016): *High compressive strength, ultra-lightweight and lightweight cement – formulated with raw material locally available in Saudi Arabia*, SPE-182736-MS, Dammam, Saudi Arabia.
18. Sauki, Arina. Juanda, M. Ilham. Azizi, Azlinda. Asadullah, M. Mohd, Tengku Amran Tengku. Ghazali, Nurul Aimi. Alias, Nur Hashimah. (2015): *Performance evaluation of light weight oilwell cements*, *Advanced Materials Research Vol. 1119 pp 657-661, Switzerland*.
19. Shine, Joseph Michael. (2019): *Thixotropic cement slurry and placement method to cure lost circulation*, US 10 415 330 B2, USA.

Lampiran

Lampiran A : Cement slurry test report





**CEMENT SLURRY TEST REPORT**

JOB TYPE: 7" Casing Tail

TEST OBJECTIVE	DESIGN <input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMATION <input type="checkbox"/>	RESEARCH <input type="checkbox"/>
SIMULATION DATA: TVD 5,270 ft, BHST 240 °F, BHP 3000 psi, BHCT 192 °F	T.G. 2.99 °F/100ft Time to bottom 31 Min.		
TEST SPECIFICATION: API Spec 10B 2 Edition.			

Code	Material S.G.	Concn.	Unit	Weight BWOC	Volume	Batch NO.	Description
FW	1.000	4.465	GPS	39.638	39.638	Warehouse Water	Fresh Water
PC-X61L	1.000	0.011	GPS	0.100	0.100	GM10202018	Defoamer
PC-G80L	1.000	0.834	GPS	8	7.407	FL 03201901	Fluid Loss Additive
PC-GS2L	1.370	0.922	GPS	10	7.299	HX 0730	Gas Block
PC-H21L	1.100	0.041	GPS	0.40	0.364	190301-1	Retarder
PC-P61S	0.500	8.000	%	8	16.000	JM New	Cenosphere
INDO"G"	3.15	100.00	%	100	31.746	INDO"G"	INDO"G" Cement

**PROPERTIES**

Density:	1.62 g/ml	13.50 ppg.	Thickening Time		Rheology	
Yield:	102.554 l/100kg	1.538 ft <sup>3</sup> /sk	Bc	Hr:min	RPM	Reading
M/W:	54.888 l/100kg	6.173 gal/sk	8	Initial	300	170
Free fluid:	0 ml	0.0 %	30	3:42	200	125
Fluid Loss:	42 ml/30min×1000psi		40	3:51	100	70
			70	4:03	6	4
			100	4:05	3	3

Sample	Temperature (°F)	Time	Compressive Strength (psi)
UCA	240	12 hrs	1799
UCA	240	24 hrs	2220

**CEMENT SLURRY TEST REPORT**

JOB TYPE: Thixotropic Cement Plug

TEST OBJECTIVE	DESIGN <input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMATION <input type="checkbox"/>	RESEARCH <input type="checkbox"/>
SIMULATION DATA: TVD 4,000 ft, BHST 205 °F, BHP 2200 psi, BHCT 164 °F	T.G. 2.99 °F/100ft Time to bottom 25 Min.		
TEST SPECIFICATION: API Spec 10B 2 Edition.			

Code	Material S.G.	Concn.	Unit	Weight BWOC	Volume	Batch NO.	Description
FW	1.000	7.921	GPS	70.319	70.319	Warehouse Water	Fresh Water
PC-X61L	1.000	0.011	GPS	0.100	0.100	GM10202018	Defoamer
PC-G80L	1.000	0.000	GPS	0.000	0.000	FL 03201901	Fluid Loss Additive
PC-GS2L	1.370	0.658	GPS	8.800	5.839	HX 0730	Gas Block
PC-H21L	1.100	0.072	GPS	0.700	0.636	190301-1	Retarder
PC-T96L	1.140	0.049	GPS	0.500	0.439	JM	Thixotropic Agent
PC-P61S	0.500	8.000	%	8.000	16.000	JM New	Cenosphere
INDO"G"	3.15	100.00	%	100.00	31.746	INDO"G"	INDO"G" Cement

**PROPERTIES**

Density:	1.50 g/ml	12.50 ppg.	Thickening Time		Rheology	
Yield:	125.079 l/100kg	1.876 ft <sup>3</sup> /sk	Bc	Hr:min	RPM	Reading
M/W:	77.333 l/100kg	8.711 gal/sk	26	Initial	300	59
Free fluid:	0 ml	0.0 %	30	3:35	200	43
Fluid Loss:	N/A ml/30min×1000psi		40	3:56	100	35
			70	4:11	6	12
			100	4:15	3	8

Sample	Temperature (°F)	Time	Compressive Strength (psi)
UCA	205	12 hrs	693
UCA	205	24 hrs	1013

**CEMENT SLURRY TEST REPORT**

JOB TYPE: 7" Casing Scavenger

TEST OBJECTIVE	DESIGN <input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMATION <input type="checkbox"/>	RESEARCH <input type="checkbox"/>
SIMULATION DATA: TVD 5,270 ft, BHST 240 °F, BHP 3000 psi, BHCT 192 °F	T.G. 2.99 °F/100ft Time to bottom 31 Min.		
TEST SPECIFICATION: API Spec 10B 2 Edition.			

Code	Material S.G.	Concn.	Unit	Weight BWOC	Volume	Batch NO.	Description
FW	1.000	16.967	GPS	150.548	150.548	Warehouse Water	Fresh Water
PC-X61L	1.000	0.011	GPS	0.100	0.100	GM10202018	Defoamer
PC-H21L	1.100	0.154	GPS	1.500	1.364	190301-1	Retarder
PC-P60S	2.650	3.000	%	3.000	1.132	JM	Bentonite
INDO"G"	3.15	100.00	%	100.00	31.746	INDO"G"	INDO"G" Cement

**PROPERTIES**

Density:	1.38 g/ml	11.50 ppg.	Thickening Time		Rheology	
Yield:	184.890 l/100kg	2.773 ft <sup>3</sup> /sk	Bc	Hr:min	RPM	Reading
M/W:	153.144 l/100kg	17.250 gal/sk	8	Initial	300	18
Free fluid:	0 ml	0.0 %	30	>8:00	200	17
Fluid Loss:	N/A ml/30min×1000psi		40	>8:00	100	12
			70	>8:00	6	7
			100	>8:00	3	3

Sample	Temperature (°F)	Time	Compressive Strength (psi)
UCA	240	12 hrs	N/A
UCA	240	24 hrs	N/A

**CEMENT SLURRY TEST REPORT**

JOB TYPE: 5" Liner Scavenger

TEST OBJECTIVE	DESIGN <input checked="" type="checkbox"/>	CONFIRMATION <input type="checkbox"/>	RESEARCH <input type="checkbox"/>
SIMULATION DATA: TVD 6,450 ft, BHST 275 °F, BHP 4000 psi, BHCT 220 °F	T.G. 2.99 °F/100ft Time to bottom 35 Min.		
TEST SPECIFICATION: API Spec 10B 2 Edition.			

Code	Material S.G.	Concn.	Unit	Weight BWOC	Volume	Batch NO.	Description
FW	1.000	16.886	GPS	149.999	149.999	Warehouse Water	Fresh Water
PC-X61L	1.000	0.011	GPS	0.100	0.100	GM10202018	Defoamer
PC-H21L	1.100	0.238	GPS	2.320	2.109	190301-1	Retarder
PC-P60S	2.650	3.000	%	3.000	1.132	JM	Bentonite
INDO"G"	3.15	100.00	%	100.00	31.746	INDO"G"	INDO"G" Cement

**PROPERTIES**

Density:	1.38 g/ml	11.50 ppg.	Thickening Time		Rheology	
Yield:	185.886 l/100kg	2.776 ft <sup>3</sup> /sk	Bc	Hr:min	RPM	Reading
M/W:	153.340 l/100kg	17.272 gal/sk	8	Initial	300	15
Free fluid:	0 ml	0.0 %	30	>8:00	200	12
Fluid Loss:	N/A ml/30min×1000psi		40	>8:00	100	10
			70	>8:00	6	5
			100	>8:00	3	3

Sample	Temperature (°F)	Time	Compressive Strength (psi)
UCA	275	12 hrs	N/A
UCA	275	24 hrs	N/A

### Lampiran B : Kalkulasi Pemakaian Semen dan Chemical Additive di Lapangan Zeus beserta Biaya Total

13 3/8 Incl Casing Tail	Yield, cuft/sk	1.806	Excess, %	150%	Total			
Hole size, incl	OD casing, incl	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bbl	Volume penyemenan, cuft	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack	Final quantity	Final Cost
17 1/2	13 3/8	600	74.23316981	416.8192485	625.2288727	346.1953891	347 Sack	7536.84
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	8.90857959	Gallon	4	Gallon	215.16
2	Sodium silicate	0.439230006	GPS	150.328883	Gallon	151	Gallon	5285
3	Gas block	0.986610057	GPS	342.3536898	Gallon	343	Gallon	19566.67
4	Accelerator	2	%	6.94	Sack	7	Sack	5.6
								26995.27

9 5/8 Incl Casing Tail	Yield, cuft/sk	1.538	Excess, %	100%	Total			
Hole size, incl	OD casing, incl	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bbl	Volume penyemenan, cuft	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack	Final quantity	Final Cost
12 1/4	9 5/8	1600	89.25102001	501.1444774	501.1444774	325.8216628	326 Sack	7080.72
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	3.671998198	Gallon	4	Gallon	215.16
2	Fluid loss additive	0.834355419	GPS	271.9998665	Gallon	272	Gallon	16670.88
3	Gas block	0.822175048	GPS	268.0290655	Gallon	267	Gallon	10864.23
4	Retarder	0.017407688	GPS	5.674906306	Gallon	6	Gallon	396
5	Cenosphere	8%	%	26.08	Sack	27	Sack	92.34
								35319.33

9 5/8 Incl Casing Scavenger	Yield, cuft/sk	2.772	Excess, %	-	Total			
Hole size, incl	OD casing, incl	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bbl	Volume penyemenan, cuft	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack/ft	Final quantity	Final Cost
12 1/4	9 5/8	-	0.055781888	0.313215298	-	0.112992532	1 Sack/ft	21.72
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	0.011263798	Gallon/ft	1	Gallon/ft	53.79
2	Retarder	0.102398165	GPS	0.102398165	Gallon/ft	1	Gallon/ft	46
3	Bentonite	3%	%	0.03	Sack/ft	1	Sack/ft	1.4
								142.81

7 Incl Casing Lead	Yield, cuft/sk	1.804	Excess, %	100%	Total			
Hole size, incl	OD casing, incl	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bbl	Volume penyemenan, cuft	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack	Final quantity	Final Cost
8 1/2	7	100	2.258597241	12.68202351	12.68202351	7.029946513	8 Sack	173.76
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	0.090110385	Gallon	1	Gallon	53.79
2	Fluid loss additive	0.834355419	GPS	6.67484335	Gallon	7	Gallon	8335.44
3	Gas block	0.986610057	GPS	7.892880457	Gallon	8	Gallon	6510.4
4	Retarder	0.040959266	GPS	0.327674128	Gallon	1	Gallon	46.2
5	Cenosphere	12%	%	0.96	Sack	1	Sack	68.4
								15603.79

7 Incl casing Tail	Yield, cuft/sk	1.538	Excess, %	100%	Total			
Hole size, incl	OD casing, incl	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bbl	Volume penyemenan, cuft	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack	Final quantity	Final Cost
8 1/2	7	2970	67.08033806	376.6560982	376.6560982	244.8999338	245 Sack	5321.4
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	2.759630547	Gallon	3	Gallon	161.97
2	Fluid loss additive	0.834355419	GPS	204.4170776	Gallon	205	Gallon	12564.45
3	Gas block	0.822175048	GPS	201.4328867	Gallon	202	Gallon	8219.38
4	Retarder	0.040959266	GPS	10.03502017	Gallon	11	Gallon	726
5	Cenosphere	8%	%	19.6	Sack	20	Sack	68.4
								27061

7 Inchi Casing Scavenger		Yield, cuft/sk	2.773	Excess, %	-	Total		
Hole size, inci	OD casing, inci	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bb/ft	Volume penyemenan, ft2	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack/ft	Final quantity	Final Cost
8 1/2	7	-	0.02285972	0.126820235	-	0.045733947	1 Sack	21.72
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	0.011263798	Gallon/ft	1	Gallon	53.79
2	Retarder	0.153597248	GPS	0.153597248	Gallon/ft	1	Gallon	66
3	Bentonite	3%	%	0.03	Sack/ft	1	Sack	1.4
								142.91 USD

Thixotropic Cement Plug		Yield, cuft/sk	1.876	Excess, %	150%	Total		
Hole size, inci	OD casing, inci	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bb/ft	Volume penyemenan, ft2	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack	Final quantity	Final Cost
8 1/2	8	300	35.09322823	187.0486448	285.5729673	157.5548866	158 Sack	3431.76
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	1.779580109	Gallon	2	Gallon	107.58
2	Fluid loss additive	0	GPS	0	Gallon	0	Gallon	0
3	Gas break	0.037240039	GPS	105.922926	Gallon	104	Gallon	4291.76
4	Retarder	0.071678718	GPS	11.31263709	Gallon	12	Gallon	732
4	Thixotropic agent	0.048402823	GPS	7.805614509	Gallon	8	Gallon	440
4	Carosphaera	8%	%	12.64	Sack	13	Sack	44.46
								3067.56 USD

5 Inchi Liner Scavenger		Yield, cuft/sk	2.776	Excess, %	-	Total		
Hole size, inci	OD casing, inci	Kolom semen, ft	Volume penyemenan, bb/ft	Volume penyemenan, ft2	Volume penyemenan (excess), cuft	Neat cement, sack/ft	Final quantity	Final Cost
6 1/8	5	-	0.012158175	0.068268151	-	0.024592273	1 Sack	21.72
No	Chemical Additive	Concentration	Unit	Quantity	Unit			
1	Defoamer	0.011263798	GPS	0.011263798	Gallon/ft	1	Gallon	53.79
2	Retarder	0.237563743	GPS	0.237563743	Gallon/ft	1	Gallon	66
3	Bentonite	3%	%	0.03	Sack/ft	1	Sack	1.4
								142.91 USD