

**PERENCANAAN SQUEEZE CEMENTING METODE BALANCE PLUG  
PADA SUMUR “X” DAN SUMUR “Y” DI LAPANGAN OGAN  
PT.PERTAMINA EP ASSET 2 PRABUMULIH**

**THE PLANNING OF SQUEEZE CEMENTING BALANCE PLUG METHOD  
ON WELL X AND WELL Y IN OGAN FIELD PT. PERTAMINA EP ASSET 2  
PRABUMULIH**

***Eko Prasetyo<sup>1</sup>, Taufik Arief<sup>2</sup>, Ubaidillah Anwar Prabu<sup>3</sup>***

*<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM.32 Indralaya Sumatera Selatan, Indonesia  
Telp/Fax. 08877803995 ; email : ekoprasetyow09@yahoo.com*

**ABSTRAK**

*Squeeze cementing adalah penyemenan ulang yang dilakukan sebagai salah satu langkah perawatan sumur, dengan cara menempatkan cement slurry dengan volume yang relative sedikit di posisi yang diinginkan, salah satunya untuk menutup zona perforasi . Metode squeeze cementing yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan metode balance plug. Penelitian ini dilakukan terhadap sumur X dan sumur Y dengan cara mengumpulkan data-data sumur, melakukan pengolahan data yang meliputi perhitungan design penyemenan, perencanaan prosedur penyemenan, pengujian hasil penyemenan dengan melakukan tag cement dan uji compressive strength. Hasil penelitian didapatkan bahwa saat dilakukan injectivity test sumur X mengalami loss sehingga perlu dilakukan perencanaan penyemenan ulang karena perencanaan yang telah dibuat tidak dapat diaplikasikan. Hasil perencanaan ulang didapat bahwa volume semen harus ditambah, dari 6,258 barrel menjadi 8,38 barrel. Sementara sumur Y dalam keadaan normal dan design cementing yang sudah dibuat dapat diterapkan pada sumur. Pada sumur Y dilakukan hesitation dengan tekanan 1.000, sedangkan pada sumur X tidak dilakukan hesitation . Setelah Waiting on cement, dilakukan tag cement, hasil dari tag cement memperkirakan slurry yang masuk zona perforasi sumur X yaitu sebanyak 1,47 barrel dan sumur Y sebanyak 1,77 barrel. Sedangkan uji compressive strength pada semen dilakukan dengan memberi tekanan 600 psi selama 10 menit, dan menunjukkan tekanan tidak turun yang berarti tekanan hasil penyemenan tidak bocor. Sehingga dapat disimpulkan squeeze cementing berhasil menutup zona perforasi sumur X dan sumur Y.*

Kata Kunci : Squeeze Cementing, Balance Plug, Injectivity Test

**ABSTRACT**

*Squeeze cementing is re-cementing which is performed as one step of well treatment , by placing the cement slurry with relatively little volume at the desired position to tackle the problem at the well. One of the problems that can be solved well with the cementing squeeze close the perforation zone. Squeeze cementing methods used in the study is balance plug method. The research was conducted on the wells X and Y by means of collecting the data well, perform data processing which includes calculation cementing design, planning cementing procedures, test results by performing tag cement and compressive strength test. The injectivity test performed that well X has a loss, and it needs to re-design cementing because cementing plan that has been made can not be applied. The results obtained redesign that semen volume must be increased, from 6.258 barrels to 8.38 barrels. While wells Y in normal and cementing design that has been created can be applied to the wells. At the wells Y carried hesitation with 1,000 psi, whereas in wells X hesitation is not applied. After Waiting on cement, has been done, the results of estimating tag cement slurry entering perforation zone at well X is about 1.47 barrels and wells Y as much as 1.77 barrels. While the compressive strength test on cement is done by applying pressure of 600 psi for 10 minutes, the results of the compressive strength test shows no pressure drop, which means the pressure is not leaking cementing results. It can be concluded that squeeze cementing has successfully closed wells perforated zone at wells X and Y.*

Key words : Squeeze Cementing, Balance Plug, Injectivity Test

## 1. PENDAHULUAN

*Secondary cementing* adalah penyemenan ulang yang dilakukan untuk memperbaiki hasil *primary cementing* yang kurang sempurna, *workover*, dan juga untuk perawatan sumur. *Secondary cementing* dibagi lagi menjadi tiga bagian berdasarkan fungsinya, yaitu *Squeeze cementing*, *remedial cementing*, dan *plug-back cementing*. *Squeeze cementing* adalah salah satu bagian dari *secondary cementing* yang dilakukan dengan cara menempatkan volume semen yang relative sedikit ke tempat yang diinginkan. PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih lapangan ogan, memiliki 2 sumur produksi yang masih aktif namun lapisannya sudah tidak produktif lagi, yaitu sumur OGN-33 (Sumur X) dan sumur OGN-24 (Sumur Y). Dengan hasil dari produksi sumur yang dianggap tidak ekonomis, diputuskan untuk menutup zona perforasi yang ada pada sumur X dan sumur Y. Untuk menutup zona perforasi sumur dilakukan dengan *squeeze cementing*. [1].

*Squeeze cementing* secara umum dapat dikatakan sebagai suatu proses dimana bubur semen (*cement slurry*) didorong dengan tekanan yang diizinkan sampai pada titik tertentu dengan tujuan nantinya slurry akan menempati zona yang akan di *squeeze*. *Slurry* yang di *squeeze* ke zona perforasi akan mengeras dan menambal daerah tersebut. *Squeeze cementing* dapat diaplikasikan selama operasi pemboran berlangsung, kompleksi, maupun pada saat *workover* [1]. Adapun tujuan dari *squeeze cementing* antara lain :

1. Mengurangi *water-oil ratio*, *water-gas ratio*, atau *gas-oil ratio*.
2. Menutup formasi yang sudah tidak produktif lagi.
3. Menutup zona *lost circulation*.
4. Memperbaiki kebocoran yang terjadi di *casing*.
5. Memperbaiki *primary cementing* yang kurang memuaskan.

Untuk menyelesaikan tujuan dilakukannya *squeeze cementing* diatas hanya dibutuhkan volume semen yang relative kecil, tetapi harus ditempatkan dititik yang tepat didalam sumur. Untuk itu diperlukan perencanaan yang baik terutama perencanaan bubur semen (*slurry*), pemilihan tekanan, dan penggunaan metode/teknik yang sesuai agar berhasilnya pekerjaan [1].

Penelitian ini memilih sumur X dan sumur Y sebagai tempat lokasi penelitian karena zona perforasi pada sumur X dan Y hasil produksinya sudah tidak ekonomis lagi. Disamping itu juga sumur X dan Y merupakan sumur yang memiliki formasi lain yang lebih prospek, dan keadaan sumur yang mendukung untuk melaksanakan *squeeze cementing* metode *balancing plug*. Jadi, dilakukan perencanaan *squeeze cementing* untuk menutup zona perforasi pada sumur X dan sumur Y. Layak atau tidak perencanaan diaplikasikan terhadap sumur diuji dengan *injectivity test*, tetapi berdasarkan hasil *injectivity test*, perencanaan yang telah dibuat untuk sumur X tidak dapat diterapkan pada sumur, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dan mengevaluasi hasil penyemenan [2].

Teknik penyemenan *balancing plug* ini biasanya dilakukan pada formasi yang tekanannya rendah. Teknik *squeeze cementing* ini dilakukan tanpa menggunakan *packer*. *Tubing* atau *drillpipe* diturunkan kedalam lubang sumur pada kedalaman yang telah ditentukan untuk dilakukan penyemenan [2]. Air asin dari formasi (*salt water*) dipompakan dahulu hingga memenuhi *casing* melalui *tubing* untuk membersihkan sumur terlebih dahulu. Lalu *slurry* di-*displace* (ditempatkan) ke interval perforasi melalui *tubing* dengan cara memompakan *spacer* atau air tawar didepan (*water ahead*) dan dibelakang (*fresh water behind*) *slurry* dengan tujuan agar *slurry* tidak terkontaminasi oleh *salt water* atau lumpur. Densitas *water ahead* yang digunakan adalah 8.3 ppg, lalu densitas *salt water* yang digunakan sebagai *water preflush* dan fluida penekan (*displacing fluid*) yaitu 8,496 ppg. Pada saat proses penempatan bubur semen, *casing valve* di *wellhead* dibuka [3]. *Cement slurry* tadi dipompakan pada zona perforasi lama yang akan ditutup tadi sampai ketinggiannya sama antara didalam dan diluar *tubing* (*balancing plug*). Kemudian *tubing* atau *string* tadi diangkat secara perlahan keatas meninggalkan *cement slurry* pada ketinggian yang sudah ditentukan sampai diatas ketinggian *spacer*, lalu dilakukan *reverse circulation*, yaitu melakukan sirkulasi balik *salt water* dari *casing* masuk ke *tubing*. *Reverse circulation* dilakukan untuk membersihkan sisa-sisa *slurry* yang masih menempel di *tubing* dan mengeluarkannya melalui *tubing* dengan cara memompakan *salt water* dari *casing* ke *tubing*. *Salt water* dipompakan lagi melalui *tubing* untuk memberikan *pressure* kepada *slurry* sampai tekanan pemompaan maksimum tercapai (*hesitation*). Hal ini bertujuan untuk mendesak *slurry* untuk mengisi zona perforasi yang akan di tutup. Setelah target volume *squeeze* tercapai, tekanan ditahan dengan cara menutup semua *valve* dengan tujuan agar gaya yang diberikan konstan untuk menahan tekanan didalam *casing* sampai semen mengeras. Biasanya *waiting on cement* ini dilakukan selama 24 jam atau sampai sample yang diuji dilaboratorium kering. [3].

Pemilihan semen dilakukan berdasarkan keperluan penyemenan. Semen yang digunakan dalam operasi penyemenan suatu sumur minyak (*oil well cementing*) biasanya sesuai dengan standar API dapat diklasifikasikan [4].

**Tabel 1. Klasifikasi semen berdasarkan API**

<i>API Class</i>	<i>Mixing Water Gals/Sk</i>	<i>Slurry Water Lb/Gals</i>	<i>Well Depth (A) (Feet)</i>	<i>Static (Temp-oF)</i>
<b>A</b>	<b>5,2</b>	<b>15,6</b>	<b>0-6.000</b>	<b>80-170</b>
<b>B</b>	<b>5,2</b>	<b>15,6</b>	<b>0-6.000</b>	<b>80-170</b>
<b>C</b>	<b>6,3</b>	<b>14,8</b>	<b>0-6.000</b>	<b>80-170</b>
<b>D</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>10.000-14.000</b>	<b>170-230</b>
<b>E</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>10.000-14.000</b>	<b>170-290</b>
<b>F</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>10.000-16.000</b>	<b>230-320</b>
<b>G</b>	<b>5,0</b>	<b>15,8</b>	<b>0-8.000</b>	<b>80-200</b>
<b>H</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>0-8.000</b>	<b>80-200</b>
<b>(A) Kedalaman Berdasarkan Daftar Simulasi Sumur Casing API</b>				

Klasifikasikan semen yang dilakukan *American Petroleum Institute* (API), 2001, terdiri dari semen kelas A, kelas B, kelas C, kelas D, kelas E, kelas F, kelas G dan kelas H. Pengklasifikasian kelas semen didasarkan kepada kemampuan semen sesuai yang diinginkan dalam pengerjaan penyemenan. Dikarenakan keadaan sumur yang berbeda-beda, seperti tekanan, temperature, kandungan sulfat, kedalaman, permeabilitas dan viskositas [4].

Berbagai semen telah dibuat orang untuk memenuhi kebutuhan yang beragam pada kondisi sumur, seperti kedalaman, temperatur, dan tekanan. *Additive* digunakan untuk memberi variasi yang lebih luas pada sifat-sifat semen, seperti [5]:

- a. Menaikan atau menurunkan berat jenis semen.
- b. Mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan semen.
- c. Menaikkan volume atau mengurangi biaya.
- d. Mencegah *loss* sirkulasi.
- e. Menaikkan kekuatan semen.
- f. Menambah atau menaikkan sifat tahan lama (*durability*).

Sebelum perencanaan diaplikasikan terhadap sumur, dilakukan *injectivity test* untuk melihat apakah perencanaan layak diaplikasikan. *Injectivity test* adalah proses injeksi *salt water* ke sumur untuk [6] :

- a. Untuk memastikan bahwa zona perforasi telah terbuka dan siap untuk dimasuki fluida.
- b. Untuk mendapatkan perkiraan *rate injeksi cement slurry*.
- c. Untuk memperkirakan tekanan ketika dilakukan *squeeze*.
- d. Memperkirakan volume *slurry* yang digunakan.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam jurnal ilmiah ini adalah metode deskriptif yaitu metode penelitian dengan memberikan gambaran lengkap mengenai objek yang sedang diteliti dengan jalan mendeskripsikan berbagai variabel dan perhitungan yang berkaitan masalah dan unit yang diteliti.

Data primer yang digunakan berupa data hasil proses logging yaitu data perforasi sumur dan data profil sumur seperti dimensi casing dan tubing. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah data laboratorium untuk semen dan zat *additive* yang digunakan, data kekuatan casing dan tubing, dan klasifikasi semen berdasarkan standar API (*American Petroleum Institute*) [7].

Proses pengolahan data diawali dengan melakukan menentukan semen yang digunakan berdasarkan profil sumur dan klasifikasi semen. Perhitungan dilakukan menggunakan software *Microsoft office excel*, hal pertama yang dilakukan adalah menghitung volume semen yang diperlukan untuk menutup zona perforasi. Kemudian perhitungan volume spacer yang dibutuhkan.

Setelah pelaksanaan *squeeze cementing* dan penyemenan telah melewati masa *waiting on cement* selama 24 jam, hasil penyemenan dilihat dengan melakukan *tag cement* dan keberhasilan penyemenan diuji dengan melakukan uji *compressive strength* dengan memberikan tekanan pada semen yang telah mengeras [8].

Untuk menghitung volume spacer dapat dihitung dengan persamaan.

$$V \text{ to squeeze} = \text{interval perfo (ft)} \times \text{SPF} \times \text{Vol / shoot (cuft)} \quad (1)$$

Lalu perhitungan level atau ketinggian masing-masing fluida yang digunakan di casing untuk melihat berapa banyak displacing fluid yang dibutuhkan untuk menempatkan slurry di tempat yang diinginkan dan untuk mengetahui berapa banyak jumlah tubing yang diangkat [9].

$$V_{wa} = \frac{V_{wb} \times C_{\text{annulus}}}{C_{\text{tubing}}} \quad (2)$$

$$V_{wb} = \frac{V_{wa} \times C_{\text{tubing}}}{C_{\text{annulus}}} \quad (3)$$

Perhitungan volume displacing fluid yang dibutuhkan untuk menempatkan slurry di tempat yang diinginkan dapat dihitung dengan [10].

$$V_{df} = C_{\text{tubing}} \times \{ \text{Open End} - (L_{\text{slurry}} + L_{\text{wb}}) \} \quad (4)$$

Sedangkan perhitungan ketinggian volume semen di casing dapat dihitung dengan [10]

$$h_{\text{slurry}} = \frac{V_{\text{cement}}}{C_{\text{annulus}} + C_{\text{tubing}}} \quad (5)$$

Untuk mendapatkan ketinggian raise up tubing dapat dihitung dengan [10].

$$h_{\text{raise up}} = \text{OE} - (h_{\text{slurry}} + h_{\text{spacer}}) \quad (6)$$

Ketinggian raise up tubing perlu diketahui untuk mendapatkan jumlah tubing yang diangkat [10].

Dimana :

- V<sub>wa</sub> : Volume Water Ahead (bbl)
- V<sub>wb</sub> : Volume Water Behind ( bbl)
- H spacer : ketinggian spacer (m)
- C annulus : Kapasitas Annulus ( bbl/ft )
- C tubing : Kapasitas Tubing ( bbl/ft )
- V<sub>df</sub> : Volume Displacing Fluid ( bbl )
- OE : Open End (m)
- L slurry : Level Slurry (m)
- H raise up : Tinggi raise up tubing (m)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *squeeze cementing* yang akan diaplikasikan terhadap kedua sumur yaitu metode *balance plug*. Metode ini dipilih karena dinilai lebih murah, lebih mudah, dan hanya memerlukan peralatan yang relatif sedikit. Peralatan yang diperlukan yaitu *cementing unit*, rig unit, dan *tubing* produksi. Metode ini lebih berkonsentrasi pada tekanan yang diberikan oleh formasi dan tekanan yang diberikan dari permukaan dengan mempertimbangkan kekuatan casing dan kemampuan formasi menahan tekanan agar tidak mengakibatkan *fracture* saat dilakukan pendesakan slurry ke dalam zona perforasi ( *hesitation* ). Sebelum melakukan operasi *squeeze cementing*, terlebih dahulu kita harus mengetahui parameter-parameter yang akan digunakan dalam *cementing* untuk merencanakan langkah kerja dan perhitungan-perhitungan pada sumur “X” dan “Y”. Data-data tersebut berupa data perforasi sumur dan profil sumur.

#### 3.1. Hasil Perencanaan Squeeze Cementing Metode Balance Plug Sumur X dan Sumur Y

Sumur X dan Y adalah sumur yang memiliki zona perforasi yang sudah tidak ekonomis lagi. Jadi diputuskan untuk melakukan *squeeze cementing* pada zona perforasi tersebut. Zona Perforasi adalah zona yang sengaja dilubangi dari dalam casing untuk menghubungkan antara ruang dalam casing dengan formasi. Jadi dilakukan *squeeze cementing* untuk menutup lubang yang dibuat saat perforasi tersebut dilakukan. Dalam pelaksanaannya, perhitungan *squeeze cementing* bisa saja berbeda dengan keadaan di lapangan. Hal ini tergantung dengan profil yang dimiliki sumur dan sejarah sumur. Dalam pengolahan data kali ini, perencanaan cementing sumur yang berdasarkan profil sumur X, berbeda dengan hasil *injectivity test*. Saat *injectivity test*, diketahui bahwa sumur “X” mengalami *loss*. Sementara sumur “Y” dinyatakan normal, dan perencanaan yang telah dibuat dapat diaplikasikan terhadap sumur “Y”.

**Tabel 2. Hasil Perencanaan squeeze cementing Sumur X dan Sumur Y**

Parameter Desain	Sumur X	Sumur Y
Pemilihan Semen	Semen API kelas G	Semen API kelas G
Compressive Strength	2548 psi	2410 psi
Open End	1293 meter	1233 meter
Volume to squeeze	3,158 bbls	1,823 bbls
Casing Volume	3,1 bbls	3,1 bbls
Tinggi Slurry	53,25 meter	40.224 meter
Volume Water Ahead	15 bbls	15 bbls
Volume Water behind	2.87 bbls	2,77 bbls
Tinggi spacer	151,23 meter	145.89 meter
Level Spacer	1088,52 meter	1046.69 meter
V. Displacing fluid	20,67 bbls	19,88 bbls
Raise Up Tubing	20 joint tubing	22 joint tubing
V. reverse circulation	41,35 bbls	39,76 bbls

Setelah didapatkan parameter-parameter untuk merencanakan squeeze cementing metode balance plug, didapat hasil dari perencanaan pada sumur X dan sumur Y.

Adapun pembahasan hasil yang di bahas adalah sebagai berikut :

### 1. Penentuan *Compressive Strength*

Semen harus kuat menahan *pressure*, baik dari dalam casing (P hidrostatik) maupun dari luar casing (P reservoir) untuk menghindari rusaknya semen. Untuk itu, *compressive strength* semen harus lebih besar dari P BHST (tekanan dasar sumur jika terisi fluida). P BHST adalah jumlah dari tekanan sumur saat terisi fluida (P hyd) ditambah tekanan dari permukaan (P surface) yaitu tekanan aman yang bisa diterima casing (*safety pressure*). Tekanan hidrostatik yang diberikan *salt water* ( *Phyd sw* ) pada sumur X yaitu sebesar 1868 psi, dan pada sumur Y yaitu sebesar 1.781,45 psi. (Terlampir). Perbedaan *Phyd sw* yang diberikan *salt water* pada masing-masing sumur berbeda dikarenakan oleh perbedaan kedalaman sumur (open end). Semakin dalam sumur, berarti volume *salt water* semakin banyak dan tekanan yang diberikan oleh volume *salt water* tersebut semakin besar.

### 2. Pemilihan Semen dan Zat Additives

Pemilihan semen untuk squeeze cementing dilakukan berdasarkan klasifikasi semen dan keadaan sumur. Berdasarkan pertimbangan profil sumur X dan sumur Y, kedalaman sumur berada dibawah 8.000 ft, dengan temperature sumur sekitar 80° F sampai 200° F, dan kandungan sulfat yang tinggi, dipilih semen kelas G. Dari hasil test laboratorium *cementing services* (Baker Hughes) didapatkan data sebagai berikut :

<i>Slurry density</i>	: 15,8 ppg ( Standar API )
<i>Slurry yield</i>	: 1,207 cuft/sack
<i>Mixing Water</i>	: 3,721 gallon/sack
Kedalaman penyemenan	: 1293 meter

**Tabel 3. Zat Additive Yang Digunakan Pada Sumur X Dan Sumur Y**

Additives	Concentration	Name
FP-9LS	0.05 gps	<i>Foam Preventer</i>
CD-31LS	0.20 gps	<i>Dispersant</i>
FL-45LS	0.65 gps	<i>Fluid loss</i>
BA-58L	0.80 gps	<i>Bonding Agent</i>
R-21LS	0.03 gps	<i>Retarder</i>

### 3. Volume Semen Yang Dibutuhkan dan Level Spacer di Casing

#### a. Perhitungan *Volume to squeeze*

*Volume to squeeze* adalah volume *slurry* yang akan di *squeeze* kedalam zona perforasi berdasarkan banyaknya lubang perforasi (spf), interval perforasi, dan asumsi sumur. Perhitungan volume *slurry* dari masing-masing sumur (Terlampir) dihitung dengan persamaan (1) :

$$V \text{ to squeeze} = \text{interval perfo (ft)} \times \text{SPF} \times \text{Vol / shoot (cuft)}$$

Pada sumur X, interval perforasi yaitu 3 meter atau 9,84 ft dengan shoot per feet yaitu 12 spf dan volume per shoot sebanyak 0,15 cuft/shoot didapat volume untuk di-squeeze yaitu sebanyak 3,158 bbls cement *slurry* atau 29 sax semen. Sementara pada sumur Y, interval perforasi yaitu 2 meter atau 6,56 ft dengan shoot per feet yaitu 12 spf dan volume per shoot sebanyak 0,13 cuft/shoot didapat volume untuk di-squeeze yaitu sebanyak 1,823 bbls cement *slurry* 26 sax semen. Perbedaan volume *slurry* yang direncanakan antara sumur X dan sumur Y yaitu dikarenakan oleh perbedaan interval perforasi, shoot per feet dan volume per shoot.

#### b. Perhitungan *Volume Slurry* di casing

Volume pada casing adalah volume minimal *slurry* yang ada atau tertinggal didalam casing setelah dilakukan *squeeze*, biasanya 20 meter sampai 25 meter dan volume disesuaikan dengan volume casing. Untuk sumur X dan sumur Y volume *slurry* dicasing yaitu setinggi Saat dilakukan hesitation, *slurry* akan turun hingga ke level open end. 25 meter, dari hasil perhitungan (Terlampir) volume *slurry* dicasing yaitu sebanyak 3,1 bbls.

#### c. Perhitungan tinggi *slurry* di Sumur X dan Sumur Y

Tinggi *slurry* direncanakan sesuai volume total cement *slurry* yang sudah dihitung dan data casing, tubing , dan annulus masing-masing sumur. Untuk menghitung tinggi *slurry* yaitu didapat dari persamaan [5] :

$$h \text{ slurry} = \frac{\text{Volume cement (bbl)}}{\text{Cap.tubing} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right) + \text{cap.Annulus} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right)}$$

Sedangkan untuk menghitung level *slurry*, dihitung dengan persamaan :

$$\text{Level Slurry} = \text{Open End (m)} - h \text{ slurry (m)}$$

Untuk sumur X didapat ketinggian *slurry* yaitu 53,25 meter dengan level *slurry* yaitu pada 1.239,75 m kedalaman sumur. Sementara untuk sumur Y ketinggian *slurry* yaitu 40,42 meter dengan level *slurry* yaitu pada 1.192,58 m

### 4. Perencanaan *Spacer* dan level *spacer*

*Spacer* dipompakan sebelum (*water ahead*) dan sesudah (*water behind*) pemompaan cement *slurry*. Hal ini bertujuan agar *slurry* terlindungi dari kontaminasi *salt water*. Volume *water ahead* (*Vwa*) untuk sumur X dan sumur Y ditentukan yaitu 15 Bbls karena diinginkan jarak antara *slurry* dan *salt water* lebih dari 100 m, untuk melindungi *slurry* dan untuk mengantisipasi *spacer* ikut tersirkulasi semua saat proses *reverse circulation*. Volume *water behind* di tubing harus seimbang dengan volume *water ahead* diannulus (*balance plug*). Volume *water behind* dapat dihitung dengan persamaan (3):

$$V_{wb} = \frac{\text{Volume w.ahead} \times \text{Cap.tubing}}{\text{Cap.annulus}}$$

Dari hasil perhitungan didapat *Vwb* sumur X yaitu 2,87 bbls dan *Vwb* sumur Y yaitu 2,77 bbls. Jadi, *Vsp* sumur X 17,87 bbls dan *Vsp* sumur Y 17,77 bbls. Walaupun volume *water ahead* sama, volume *water behind* dapat berbeda sesuai kapasitas casing dan tubing pada masing-masing sumur. Setelah didapatkan volume *spacer* (*Vsp*) yang akan *displace*, ketinggian *spacer* dapat dihitung dengan :

$$h \text{ spacer (m)} = \frac{\text{Total Spacer (bbls)}}{\text{Cap.annulus} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right) + \text{Cap.tubing} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right)}$$

Didapat *h spacer* untuk sumur X yaitu 151,23 meter dan *h spacer* sumur Y yaitu 145,89 meter.

Level *spacer* dihitung untuk mengetahui berapa joint tubing yang akan diangkat, level *spacer* dapat diketahui dengan menjumlahkan level *slurry* dikurangi tinggi *slurry* untuk menghitung lever *spacer* :

$$\text{Level Spacer (m)} = \text{Level Slurry (m)} - h \text{ spacer (m)}$$

Level spacer sumur X berada pada kedalaman 1.088,52 m, dan level spacer sumur Y berada pada kedalaman 1.046,69 meter.

## 5. Volume Displacing Fluid

*Displacing fluid* adalah fluida yang digunakan untuk men-displace slurry tepat ke zona yang akan disqueeze melalui *tubing* dalam penyemenan kali ini fluida yang dipakai adalah salt water.

Volume *displacing fluid* ( $V_{df}$ ) dapat dihitung dengan :

$$V_{df} = (\text{Open End} - (h_{\text{slurry}} + h_{\text{spacer}})) \times \text{Capacity of tubing} \quad (7)$$

Didapat volume *displacing fluid* sumur X yaitu sebanyak 20,67 bbls salt water, dan sumur Y yaitu sebanyak 19,88 bbls. Perbedaan volume dikarenakan oleh kedalaman sumur dan kapasitas casing yang berbeda.

## 6. Raise Up Tubing

Raise up tubing yaitu proses pengangkatan tubing sampai di atas level spacer. Banyak joint tubing yang akan diangkat dapat dihitung dengan persamaan (6):

$$\text{Raise Up} = \text{Open End} - \text{Level Spacer}$$

1 joint tubing panjangnya yaitu 9.5 m. Jadi berdasarkan level spacer masing-masing sumur, jumlah tubing yang akan di angkat pada sumur X yaitu sebanyak 22 joint tubing dan pada sumur Y yaitu sebanyak 20 joint tubing.

## 7. Reverse Circulation

Reverse circulation adalah proses pensirkulasian ulang salt water dari anullus masuk ke tubing, untuk membersihkan sisa-sisa slurry yang masih menempel di tubing dan casing. Jadi volume reverse circulation yang akan dilakukan pada sumur X yaitu sebanyak 41,35 bbls dan sumur Y yaitu sebanyak 39,76 bbls.

## 8. Hesitation

Hesitation yaitu proses pendesakan slurry agar masuk dan menutup lubang perforasi dengan memberikan tekanan secara bertahap sampai *final pressure*. Tekanan diberikan dari cementing unit dari 0 sampai 1000 psi. Pada pelaksanaannya, sumur X diketahui mengalami loss yang cukup besar, sehingga diputuskan untuk tidak

### 3.2. Pelaksanaan Squeeze Cementing

#### 1. Injectivity Test

Pada pelaksanaannya, proses *squeeze cementing* diawali dengan mengisi sumur dengan *salt water*, setelah itu dilakukan *injectivity test* dan diputuskan berapa volume *slurry* yang akan di-displace. *Injectivity test* dilakukan dengan memompakan *salt water* ke sumur sampai penuh, setelah itu diberikan tekanan melalui tubing secara *intermittent* atau bertahap. Karena formasi masih memberikan tekanan, jika tekanan dipaksakan melebihi tekanan yang bisa diterima formasi, maka formasi akan pecah (*fracture*). Volume semen yang akan di *squeeze* dapat dilihat dari jumlah air yang berkurang di tangki dan monitor. Jika jumlah total *injectivity* sama atau lebih dari *design* yang dibuat maka job-nya sesuai dengan *design cementing* yang telah dibuat.

Pada sumur "X", saat dilakukan *injectivity test* dengan rate pemompaan kecil 0.5 bpm, *salt water* yang digunakan untuk memenuhi sumur tidak tersirkulasi keatas, hal ini menandakan *salt water* yang disirkulasikan masuk kedalam formasi, sumur dinyatakan loss karena tekanan formasi tidak mampu menahan tekanan saat dilakukan *injectivity rate*. Setelah sumur dinyatakan *loss*, dilakukan design ulang volume *slurry* yang akan di *squeeze*. Saat dilakukan *injectivity test* dengan rate pemompaan 1 Bpm, dengan tekanan 200 - 250 psi dan pemompaan dihentikan setelah volume *injectivity* 7 bbls. Perencanaan ulang dilakukan untuk sumur X

**Tabel 4. Hasil Perencanaan Ulang Sumur X**

No.	Faktor Perencanaan Penyemenan	Perencanaan Awal	Perencanaan Ulang
1	Volume Slurry	6,258 bbls	8,383 bbls
2	h slurry	53,25 m	70,94 m
3	Level Slurry	1.239,75 m	1.222,06 m
4	Spacer Ahead	15 bbls	15 bbls
5	Spacer Behind	2,87 bbls	2,87 bbls
6	Displacing Fluid	20,67 bbls	20,34 bbls
7	Level Spacer	1088,52 meter	1070,83 meter
8	Raise Up Tubing	22 joint tubing	24 joint tubing
9	Reverse Circulation	41,35 bbls	Sirkulasi lurus
10	Hesitation	0-1000 psi	-

Pada sumur “Y”, saat dilakukan *injectivity test*, dengan menginjeksi *salt water* dengan rate pemompaan 1 Bpm, dan sumur diberikan tekanan 200, 400, 800, 1000 psi selama 10 menit. Hasilnya, injeksi saltwater yang masuk ke zona perforasi yang terhitung yaitu sebesar 2,18 barel. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan diterima dan dapat diaplikasikan. Jadi tekanan yang akan diberikan ke formasi sangat diperhatikan.

Tekanan yang diterima saat sumur terisi penuh dengan fluida yaitu sebesar 1966 psi, sehingga pressure yang masih bisa diterima sumur saat *injectivity test* dan *hesitation* yaitu sebesar 1100 psi. Tekanan diberikan hingga secara bertahap, dilakukan selama 2 menit. Volume semen yang ter-*squeeze* terlihat dari jumlah air yang berkurang di tangki dan monitor, apakah sesuai dengan perhitungan berdasarkan volume sumur atau tidak.

### 3.3. Hasil Squeeze Cementing Sumur X dan Sumur Y

Untuk mengetahui hasil dari penyemenan, dapat dilakukan dengan tag cement dan uji compressive strength.

**Tabel 5. Hasil Penyemenan Sumur X**

No	Faktor Penyemenan	Perencanaan Ulang	Hasil Penyemenan Sumur X
1	Ketinggian Semen	1.239,75 meter	1.237,94 meter
2	Volume Slurry	8,383 bbls	6,91 bbls
3	Volume ter-squeeze	-	1,473 Bbls
4	Level semen di casing	70,94 meter	55,05 meter
5	Uji Compressive strength	600 psi / 10 menit	Tekanan tidak turun / sukses

**Tabel 6. Hasil Penyemenan Sumur Y**

No	Faktor Penyemenan	Perencanaan Ulang	Hasil Penyemenan Sumur X
1	Ketinggian Semen	1.192,53 meter	1.181,68 meter
2	Volume Slurry	4,923 bbls	3,153 bbls
3	Volume ter-squeeze	-	1,77 Bbls
4	Ketinggian semen di casing	40,42 meter	24,25 meter
5	Uji Compressive strength	600 psi / 10 menit	Tekanan tidak turun / sukses

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan evaluasi hasil penyemenan squeeze cementing menggunakan metode balance plug pada sumur X dan Sumur Y di lapangan ogan PT.Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, penulis menyimpulkan beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Perencanaan awal semen yang akan di-*displace* pada sumur X sebanyak 6,258 barel atau 29 sak semen, dan pada sumur Y yaitu sebanyak 4,923 barel atau sebanyak 26 sak semen.
2. Untuk menguji apakah perencanaan dapat diaplikasikan terhadap sumur, dilakukan *injectivity test*.
3. Hasil *injectivity test* sumur X dinyatakan *loss*, sehingga harus dilakukan perhitungan ulang *design cementing*, sedangkan hasil *injectivity* sumur Y dinyatakan normal, yaitu sebanyak 2,18 barel mendekati perencanaan yaitu sebesar 1,823 barel, sehingga perencanaan *cementing* sumur Y dapat diaplikasikan.
4. Berdasarkan perhitungan ulang *design cementing*, volume slurry untuk sumur X ditambah dengan digunakan semen sebanyak 39 sak atau 8,383 barel. Yang menjadi pertimbangan penambahan volume semen yaitu jika tetap menggunakan volume awal, ditakutkan penyemenan gagal akibat *cement slurry* tersedot masuk semua ke formasi, sehingga harus melakukan penyemenan ulang yang menyebabkan *cost* pekerjaan 2 kali lipat. Penambahan volume semen, lebih murah daripada melakukan penyemenan ulang.
5. Banyaknya semen yang menutup zona perforasi dilihat dengan *tag cement*, perkiraan *slurry* yang masuk ke zona perforasi pada Sumur X sebanyak 1,473 barel dengan ketinggian semen sisa di *casing* setinggi 55,06 meter dan pada sumur Y sebanyak 1,77 barel mendekati perencanaan yaitu sebesar 1,823 barel dengan ketinggian semen sisa di *casing* setinggi 24,25 meter.

Keberhasilan penyemenan diuji dengan melihat kemampuan semen menahan tekanan (*compressive strength*), dilakukan *positive test* pada sumur X dan sumur Y dengan memberi tekanan sebesar 600 psi pada semen, lalu ditahan selama 10 menit, hasilnya tekanan tidak berkurang, hasilnya dinyatakan bahwa penyemenan berhasil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rubiandini, R. (2012). *Teknik Operasi Pemboran*. Bandung : Penerbit ITB.
- [2] Nelson, E, B. (1990). *Well Cementing*. Sugarland. Texas : Schlumberger Educational Services.
- [3] Kunetz, J, P. (2012). *Cementing operation : Plug Cementing*. Balikpapan : NExT.
- [4] Rubiandini, R, DR. Ir. R.S. (2000). *Basic Petroleum Engineering*. Bandung : LDI Training.
- [5] Kunetz, J, P. (2012). *Cementing Additives*. Balikpapan : NExT
- [6] Franklin, C, T. (1994). *Oil And Gas Operation*. Victoria. Texas : Greenbrier Publications.
- [7] Smith, D, K. (1990). *Cementing*. United States of America : Society of Petroleum Engineer Inc.
- [8] Kondratoff , L. (1990). Evaluation Of Foam Cement Squeeze Treatments For Low-Pressure Highly Permeable Reservoirs. SPE paper : Petroleum Society of Canada.
- [9] Wiley, John and Sons. *Remedial Cementing*. Halliburton PWC : Halliburton Energy Services.
- [10] Christal, O.S. (2014). Analisa Water coning dan water channeling pada sumur migas x,y, dan z struktur niru di PT Pertamina EP Asset 2 Field Limau. Jurnal, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.