

## PERENCANAAN *SQUEEZE SQUEEZE CEMENTING* JOB PADA SUMUR “RF-L”, LAPANGAN “D” MENGGUNAKAN METODE BALANCE PLUG

Ripal Rombe<sup>1\*</sup>, Rohima Sera Afifah<sup>1</sup>, M.Nur Mukmin<sup>1</sup>, Nijusiho Manik<sup>1</sup>, Aris Luqman Tryana<sup>2</sup>, Rizky Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

<sup>2</sup>PT.Pertamina EP Asset V Sangatta Field

\*E-mail: romberipal@gmail.com

### ABSTRACT

*This research aims to design a squeeze squeeze cementing job for well “RF-L” in field “D” using the balance plug method to isolate the MFS-8 formation layer, which has shown a decline in productivity and an increase in water production. The research method using the balance plug technique. The calculations were based on casing, tubing, perforation, and reservoir pressure data. The results indicate that the squeeze cementing operation requires 46 sacks of Class G cement with a total slurry volume of 9.402 bbl and 5.5 bbl of mixing water. The volume of spacer ahead was 12.81 bbl and spacer behind was 1.09 bbl, while the displacement fluid volume was 4.5 bbl (after subtracting 1 bbl of underdisplacement). Reverse circulation of 5.2 bbl was performed to clean residual slurry from the tubing. Hesitation and Waiting on Cement (WOC) were applied to ensure the cement hardened properly in the target zone without damaging the formation*

**Keywords:** *Squeeze squeeze cementing, balance plug, spacer, slurry, displacement, spacer, hesitation*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan *squeeze squeeze cementing job* pada sumur “RF-L” di Lapangan “D” dengan menggunakan metode balance plug guna menutup lapisan MFS-8 yang telah menunjukkan penurunan produktivitas dan peningkatan produksi air. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan balance plug. Perhitungan dilakukan berdasarkan data *casing*, tubing, perforasi, serta tekanan reservoir. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan semen untuk pekerjaan *squeeze squeeze cementing* sebesar 46 sack semen kelas G dengan total volume *slurry* sebesar 9,402 bbl, dan kebutuhan air pencampur sebanyak 5,5 bbl. *Volume spacer* ahead sebesar 12,81 bbl dan spacer behind sebesar 1,09 bbl, dengan fluids displacement sebesar 4,5 bbl (setelah underdisplace 1 bbl). Reverse circulation dilakukan dengan volume 5,2 bbl untuk membersihkan sisa *slurry* dalam tubing. Hesitation dan Waiting on Cement (WOC) diterapkan untuk memastikan semen mengeras sempurna pada zona target tanpa menyebabkan kerusakan formasi.

**Kata kunci:** *Squeeze squeeze cementing, balance plug, spacer, slurry, displacement, spacer, hesitation*

## PENDAHULUAN

Selama pengeboran sumur, proses penyemenan melibatkan persiapan bubur semen (*slurry*) dan pemompaan campuran (*mixing*) semen ke dalam *casing*. Kegiatan ini sangat penting dalam pemboran dikarenakan berfungsi untuk merekatkan *casing* dan mengisolasi zona produksi pada sumur pemboran. Penyemenan terbagi menjadi dua yaitu *primary squeeze cementing* (penyemenan pertama pada suatu sumur) dan *secondary squeeze cementing* (Penyemenan setelah *Primary Squeeze cementing* yang dilakukan untukantisipasi dan perawatan sumur (Priambodo et al, 2020). *Secondary squeeze cementing* adalah proses yang dilaksanakan untuk memperbaiki kegagalan dari *primary squeeze cementing* yang dilaksanakan selama pengeboran, penyelesaian, dan perbaikan sumur. Untuk menghindari perbaikan penyemenan, harus mengoptimalkan kinerja pada tahap *primary squeeze cementing* dan tindakan tersebut dapat mencegah kebutuhan akan perbaikan *squeeze cementing* atau *re-design squeeze cementing* (Fuller et al., 2016).

Secara umum, peran *squeeze cementing* dalam operasi pemboran memiliki peran krusial karena keberhasilan operasi pemboran seringkali bergantung pada efektifitas penyemenan sumur. Penyemenan utama bertujuan untuk memastikan *casing* terpasang dengan kokoh pada dinding lubang sumur. Selain itu penyemenan juga berfungsi sebagai perlindungan terhadap potensi masalah mekanis seperti getaran selama pemboran. Selain itu, penyemenan juga melindungi *casing* dari korosi yang dapat disebabkan oleh fluida formasi (Ikhsan et al., 2024).

Permasalahan penelitian berfokus pada sumur RF-L khususnya pada interval MFS-8 yaitu sumur aktif dan berproduksi sampai pada tanggal 27 maret 2025. Pada sumur RF-L lapisan MFS-8 di kedalaman 1083-1099 ft mencapai 33 BOPD namun di bulan April 2025 produksi pada lapisan MFS-8 ini mengalami penurunan produksi sekitar 7 – 15 BOPD, dimana kandungan Water cut nya mencapai 100%, dan akan dilakukan penutupan pada lapisan tersebut dengan melakukan *squeeze squeeze cementing job* pada lapisan tersebut, *Open End Tubing* di setting pada kedalaman 340 m atau 1115 ft dengan jarak interval 5 meter dari bottom perforasi untuk jarak ini sudah cukup untuk menghindari kontaminasi antara *slurry* yang akan dipompakan nanti dengan fluida formasi karena tepat dibawah lapisan MFS-8 yaitu lapisan H-8 yang merupakan zona air, oleh karena itu penempatan *slurry cement* harus presisi dan terkontrol, sesuai SOP PT. Pertamina, penempatan *slurry cement* harus 5 meter dibawah Bottom Perforasi dan 20 meter dari Top Perforasi dan ditambah dengan estimasi volume *squeeze* yang akan digunakan. Oleh karena itu menggunakan metode *balance plug* sangat cocok pada sumur “RF-L” ini karena tidak ada resiko semen ke bawah

zona air serta metode ini hanya menggunakan *displacement fluid* untuk mendorong *slurry* semen masuk ke dalam zona target tanpa membutuhkan tekanan lebih.

*Squeeze squeeze cementing* merupakan proses penyuntikan *cement slurry* menuju lubang sumur dengan menggunakan tekanan tinggi atau injeksi untuk memaksa bubur masuk kedalam zona perforasi dan menutup area yang tidak produktif lagi. Tujuan penyuntikan semen atau *squeeze squeeze cementing* adalah untuk menutup formasi yang tidak produktif, menyegel zona pembawa air di dalam formasi penghasil minyak dan gas, meningkatkan proses penyemenan awal, dan memperbaiki setiap kebocoran pada *casing* sumur (Alkhamis & Imqam, 2021; Lauma & Pauhesti, 2023; Izadi et al., 2024). Keberhasilan *squeeze squeeze cementing* sangat dipengaruhi oleh perhitungan volume semen, spacer, dan fluida displacement yang akurat, serta pengendalian tekanan selama proses *pumping operation* (Ibrahim et al., 2023; Prasetyo & Yunita, 2023; Yang et al., 2022). Selain itu, tahapan *hesitation dan Waiting on Cement (WOC)* berperan penting dalam memastikan *cement slurry* mengeras dengan sempurna dan mampu membentuk isolasi yang efektif pada zona yang dituju. Dalam kegiatan *squeeze squeeze cementing* ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam kegiatan penyemenan salah satunya adalah metode *balance plug* yang digunakan untuk menghindari perbedaan pressure pada *casing* dan *drillpipe* yang bisa menyebabkan terjadinya *swabbing effect*. Teknik *balance plug* itu biasanya dilakukan pada formasi bertekanan rendah, tubing atau *drillpipe* diturunkan kedalam zona target tanpa menggunakan *packer*, kemudian memompa *cement slurry* yang diapit oleh *spacer fluid* di depan dan belakangnya agar tidak tercampur dengan *brine formation*.

Beberapa peneliti terdahulu penggunaan perencanaan *squeeze squeeze cementing* metode *balance plug* perlu adanya peningkatan volume semen pada sumur Y untuk desain penyemenan sehingga dapat berjalan dengan baik (Prasetyo et al., 2019). Menurut Resesiyanto, H., 2022 Untuk dapat melaksanakan *balance plug*, tekanan hidrostatik di dalam pipa atau *casing* dan annulus harus seimbang. Untuk mencapai kondisi tersebut fluida pendorong semen harus sama dengan semen, dan ketinggian masing-masing fluida juga harus sama. Untuk menyakinkan top dari semen berada pada posisi yang telah di set atau ditentukan, volume yang diinjeksikan harus tepat dengan volume yang diperlukan ditambah faktor keamanan. Bila terjadi kelebihan semen, maka semen yang berlebihan tersebut disedot secara *reserved* sampai mencapai ketinggian yang diinginkan. Sehingga dalam hal ini perlu adanya perhitungan parameter kebutuhan material penyemenan seperti total bubur semen (*cement slurry*), jumlah sack semen, ketinggian semen, dan total volume fluida. Sedangkat menurut

Azis, M. R., et al, 2024 pengujian di laboratorium menjadi salah satu langkah untuk mengetahui perhitungan material *slurry* dan desain *slurry* skala laboratorium yang dibutuhkan dalam proses penyemenan dan pengaruh hasil rheology dan *fluid loss*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor pertimbangan kegiatan *squeeze cementing* seperti jumlah sack semen, jumlah volume *slurry* dan *volume spacer* serta *volume displacement* pada sumur RF-L Lapangan D sehingga kegiatan *squeeze cementing* dapat berjalan dengan baik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi perencanaan dan perhitungan teknis (engineering calculation) terhadap pekerjaan *squeeze squeeze cementing* pada sumur “RF-L” di Lapangan “D”. Metode ini bertujuan untuk merancang pekerjaan penutupan zona formasi MFS-8 yang mengalami penurunan produktivitas dan peningkatan produksi air, dengan menggunakan metode *balance plug*.

Perhitungan kebutuhan fluida dan material pada pekerjaan *squeeze squeeze cementing* dilakukan berdasarkan pendekatan matematis yang disesuaikan dengan kondisi geometri sumur, data *casing*, tubing, serta interval zona target.

$$\begin{aligned} \text{Capacity Casing} &= \frac{(ID \text{ Casing})^2}{1029,4} \\ \text{Capacity Tubing} &= \frac{(ID \text{ Tubing})^2}{1029,4} \\ \text{Capacity Plug Volume Tubing} &= \frac{(OD \text{ Tubing})^2}{1029,4} \\ \text{Capacity Annulus} &= \frac{(ID \text{ Casing})^2 - (OD \text{ Tubing})^2}{1029,4} \end{aligned}$$

Konstanta 1029,4 digunakan untuk menyederhanakan perhitungan volume silinder, mengonversi diameter (inci) langsung menjadi kapasitas (bbl/ft) dan mempercepat perhitungan di operasi pemboran dan produksi migas.

Kebutuhan volume *slurry* semen dihitung berdasarkan volume ruang annulus dan interval zona yang akan ditutup, dengan mempertimbangkan faktor kelebihan (*excess*) untuk mengantisipasi kehilangan fluida ke formasi. Secara umum, *excess slurry* semen biasanya berkisar 10% – 30%, tetapi bisa meningkat hingga 50% atau lebih jika kondisi sumur buruk.

$$\begin{aligned} \text{Volume casing} &= \frac{(ID \text{ Casing})^2}{1029,4} = \text{Length} \\ \text{Volume Annulus} &= \frac{(ID \text{ Casing})^2 - (OD \text{ Tubing})^2}{1029,4} \times \text{Length} \\ \text{Volume Kapasitas Tubing} &= \frac{\text{cap.annulus}}{\text{cap.tubing}} \end{aligned}$$

Jumlah sack semen ditentukan dari total volume *slurry* yang dibutuhkan dengan mengacu pada yield semen per sack sesuai spesifikasi material yang digunakan adalah sack semen mengacu pada yield semen Class G.

$$\text{Sack of Cement} = \frac{\text{Vol. Slurry}}{\text{Yield Slurry}}$$

$$\text{Total Fresh Water} = \text{Total Sack Cement} \times \text{yield fresh water}$$

Menghitung ketinggian (h) semen pada saat keadaan tubing ada di dalam sumur dan pada saat tubing di angkat dari dalam sumur. Ketinggian semen didapat dari volume semen/ (cap. tubing + cap. annulus).

$$\text{(h) Semen Tubing in} = \frac{\text{vol.cement}}{\text{cap.tubing} - (\text{plug vol.tubing} + \text{cap.tubing})}$$

$$\text{(h) Semen Tubing in} = \frac{\text{vol.cement}}{\text{cap.casing}}$$

*Top of Cement* (Puncak teratas dari cement) dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{TOC} = \text{Open End Tubing} - h \text{ slurry}$$

*Volume spacer ahead* dan *spacer behind* dihitung untuk memastikan pemisahan yang efektif antara fluida pemboran, *slurry* semen, dan fluida displacement, sehingga meminimalkan risiko kontaminasi semen. Untuk mencari *volume spacer* pada umumnya dengan membagi capacity annulus dengan capacity tubing.

$$\text{Vol. Spacer Ahead} = (h) \text{ spacer} \times (\text{cap. casing} - \text{plug vol. tubing})$$

$$\text{Vol. Spacer Behind} = \text{Cap. Tubing} \times (h) \text{ spacer Ahead}$$

*Displace fluid* merupakan fluida yang digunakan untuk mendisplace bubuk semen tepat ke zona yang akan disemen melalui tubing. *Volume displacing fluid* (Vdf) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut  $Vdf = \text{Top of Spacer} \times \text{Cap. Tubing}$ . Dan *Reverse circulation* merupakan proses pensirkulasian ulang lumpur dari annulus masuk ke tubing yang digunakan untuk membersihkan sisa- sisa bubuk semen yang masih menempel pada tubing dan casing. Untuk menghitung *reverse circulation* dengan persamaan  $Vro = (\text{EO rise up} \times \text{Cap. Casing}) + (\text{EO rise up} \times \text{Cap. Tubing})$ . Dimana *Vro* merupakan volume *rise out* (bbl) dan *EO rise up* adalah elevation overlap *rise up* (ft).

Tahapan awal penelitian dimulai dengan pengumpulan data sumur, yang meliputi data umum sumur, data casing dan tubing, data perforasi, kedalaman zona target, tekanan reservoir, serta riwayat produksi sumur. Data tersebut diperoleh dari laporan lapangan dan data engineering perusahaan, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan dan perencanaan *squeeze squeeze cementing*. Tahap berikutnya adalah perhitungan kebutuhan fluida penyemenan, meliputi perhitungan volume *slurry* semen, jumlah sack semen kelas G, kebutuhan air pencampur, *volume spacer ahead* dan *spacer behind*, serta *displacement fluids*. Perhitungan dilakukan berdasarkan

geometri sumur, kapasitas *casing* dan tubing, serta interval zona yang akan ditutup. Selain itu, dilakukan perhitungan *underdisplacement* untuk memastikan *slurry* semen tetap berada pada zona target. Hal ini dikarenakan *Underdisplacement* adalah strategi mengurangi volume fluida pendorong agar *slurry* semen tidak terdorong keluar dari zona target, sehingga posisi semen tetap optimal untuk isolasi formasi.

Selanjutnya dilakukan perancangan prosedur *squeeze squeeze cementing* dengan metode *balance plug*, yang mencakup urutan pemompaan fluida, pengendalian tekanan selama pemompaan, penerapan *hesitation*, serta *Waiting on Cement* (WOC). Analisis risiko juga dilakukan untuk mencegah kontaminasi semen ke zona air di bawahnya. Tahap akhir penelitian adalah evaluasi hasil perencanaan, dengan meninjau kesesuaian desain terhadap tujuan penutupan zona MFS-8, serta menilai efektivitas metode *balance plug* berdasarkan kontrol tekanan dan keamanan operasi.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perencanaan teknis pekerjaan *squeeze squeeze cementing* pada sumur RF-L di Lapangan D yang bertujuan untuk menutup lapisan MFS-8. Zona ini diketahui mengalami penurunan produktivitas minyak serta peningkatan produksi air, sehingga diperlukan tindakan isolasi zona untuk meningkatkan kinerja sumur. Metode yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah metode *balance plug*, karena metode tersebut mampu menempatkan *slurry* semen secara terkendali dan presisi pada interval target.

Perencanaan pekerjaan *squeeze squeeze cementing* dilakukan berdasarkan data sumur yang meliputi data *casing*, tubing, kedalaman perforasi, interval zona target, serta tekanan reservoir. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan material penyemenan dan merancang urutan pemompaan fluida selama operasi *squeeze squeeze cementing*.

### Data Sumur dan *Fluids Properties*

Untuk mendesain sebuah semen dalam pekerjaan *squeeze squeeze cementing*, ada beberapa pertimbangan yang harus dihitung secara teliti sebagai *squeeze cementing* engineer dalam menunjang keberhasilan *squeeze cementing job* seperti menghitung kapasitas lubang sumur, volume dan ketinggian *slurry cement* serta menghitung jumlah sack semen yang digunakan dalam kegiatan penyemenan, *volume spacer*, *volume displacement fluids* dan *reverse circulation*, perubahan ketinggian *slurry cement* dan fluida lainnya setelah *hesistate*. Namun penulis hanya menghitung beberapa bagian dari perhitungan di atas terlebih didalam penulisan jurnal ini. Untuk kapasitas

lubang sumur terdiri dari capacity casing 9 5/8” dengan kapasitas 0,0758 bbl/ft, capacity tubing 2 7/8” dengan kapasitas 0,0058 bbl/ft, capacity plug tubing dengan kapasitas 0,008 bbl/ft dan kapasitas annulus yaitu 0,0678 bbl/ft serta volume slurry yang dapat di terima oleh casing sebesar 7,402 bbl dan Volume yang dapat diterima oleh tubing adalah 11,71 bbl/ft.

**a. Data Sumur**

**Tabel 1.** Data sumur “RF-L”.

<i>Parameter</i>		<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
Well Depth		8530	ft
Casing 9 5/8” K-55	OD	9,625	inch
	ID	8,835	Inch
Weight Casing		40	ppf
Tubing 2 7/8”, EUE J-55 #6,5 ppf	OD	2,875	inch
	ID	2,441	inch
Top Perforation		1083	ft
Bottom Perforation		1099	ft
Open End Tubing		1115	ft
Reservoir Pressure		483	Psi
Safety Factor		65,22	ft

**b. Data Fluids Properties**

**Tabel 2.** Fluids properties.

<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
Yield Slurry cement	0,204	bbl/sack
Fresh Water	4,988	gal/sack

1. Mengitung kebutuhan jumlah suck dan vol slurry cement

*Squeeze volume* yang digunakan sebanyak 2 bbl (Volume 2 bbl dipilih karena cukup

untuk menutup zona target secara efektif, sekaligus meminimalkan risiko seperti overdisplacement, kehilangan fluida, dan kerusakan formasi. Angka sebuah kompromi antara efektivitas dan keamanan operasi).

$$\begin{aligned} \text{Volume slurry cement} &= \text{volume casing} + \text{squeeze vol} \\ &= 7,402 \text{ bbl} + 2 \text{ bbl} \\ &= 9,402 \text{ bbl} \end{aligned}$$

Sehingga dengan *Volume Slurry cement* sebesar 9,402 bbl di interval 16 feet secara umum volume *slurry* 9,402 bbl sangat cukup (bahkan cenderung berlebih) untuk menutup interval perforasi 16 ft, selama tidak ada kehilangan fluida yang besar ke formasi. Bahkan menghasilkan tinggi semen jauh di atas interval, sehingga: Zona perforasi pasti tertutup, memberikan faktor keamanan (*excess height*) dan mengurangi risiko kegagalan isolasi. Namun dalam hal ini, perlu diperhatikan jangan sampai terjadi overplacement berlebihan dan pastikan tidak ada loss ke formasi yang signifikan.

$$\begin{aligned} \text{Sack of cement} &= \frac{\text{Volume Slurry (bbl)}}{\text{yield Slurry Cement (bbl/sack)}} \\ &= \frac{9,402 \text{ bbl}}{0,204 \text{ bbl/suck}} = 46 \text{ sack} \end{aligned}$$

2. Menghitung volume dan tinggi (h) *spacer* serta *displacement fluids* yang digunakan dalam kegiatan penyemenan

$$\begin{aligned} (\text{h}) \text{ spacer ahead} &= \frac{\text{Volume cap.tubing}}{\text{cap.annulus} - \text{cap.tubing}} = \frac{11,71 \text{ bbl/ft}}{0,0678 \text{ bbl/ft} - 0,0058 \text{ bbl/ft}} \\ &= 189 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Spacer ahead} &= (\text{h}) \text{ spacer ahead} \times (\text{cap. casing} - \text{plug vol. tubing}) \\ &= 189 \text{ ft} \times (0,0758 \text{ bbl/ft} - 0,008 \text{ bbl/ft}) \\ &= 12,81 \text{ bbl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Spacer behind} &= \text{Cap. tubing} \times (\text{h}) \text{ Spacer ahead} \\ &= 0,0058 \text{ bbl/ft} \times 189 \text{ ft} \\ &= 1,09 \text{ bbl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol Displacement fluids} &= \text{TOS in} \times \text{Cap. tubing} \\ &= 951 \text{ ft} \times 0,0058 \text{ bbl/ft} \end{aligned}$$

$$= 5,5 \text{ bbl}$$

Diketahui vol.underdisplace yang digunakan oleh perusahaan dalam metode *balanced plug* adalah sebesar 1 bbl di dapatkan total *displacement fluids* sebesar 4,5 bbl, yang didapatkan dari vol. *displacement fluids* – vol underdisplace, (5,5 – 1) bbl = 4,5 bbl.

Displacement 4,5 bbl relatif lebih aman karena menghasilkan tekanan tambahan yang lebih kecil. Namun, penentuan aman atau tidak tetap bergantung pada ECD terhadap *pressure window* (tekanan reservoir–tekanan rekah).

3. Menghitung ketinggian *slurry* dan *spacer* didalam sumur pada saat setelah kegiatan penyemenan berlangsung dalam keadaan cabut rangkaian dan tidak cabut rangkaian dari dalam sumur

$$\begin{aligned} \text{(h) cement tubing in} &= \frac{\text{Vol.slurry}}{\text{cap.casing}-(\text{plug vol.tubing} + \text{cap.tubing})} \\ &= \frac{9,402 \text{ bbl}}{0,0758 \text{ bbl/ft} - (0,008 + 0,0058)\text{bbl/ft}} \\ &= 151,6 \text{ ft} \end{aligned}$$

TOC adalah *Top of Cement* yang merupakan puncak atau ujung paling atas dari level ketinggian semen itu sendiri. TOC dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{TOC tubing in} &= \text{Open End Tubing} - \text{(h) cement tubing in} \\ &= 1115 \text{ ft} - 151,6 \text{ ft} = 963,4 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(h) cement tubing out} &= \frac{\text{Volume slurry}}{\text{cap. casing}} \\ &= \frac{9,402 \text{ bbl}}{0,0758 \text{ bbl/ft}} \\ &= 124 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TOC tubing out} &= \text{Open End Tubing} - \text{(h) cement tubing out} \\ &= 1115 \text{ ft} - 124 \text{ ft} = 991 \text{ ft} \end{aligned}$$

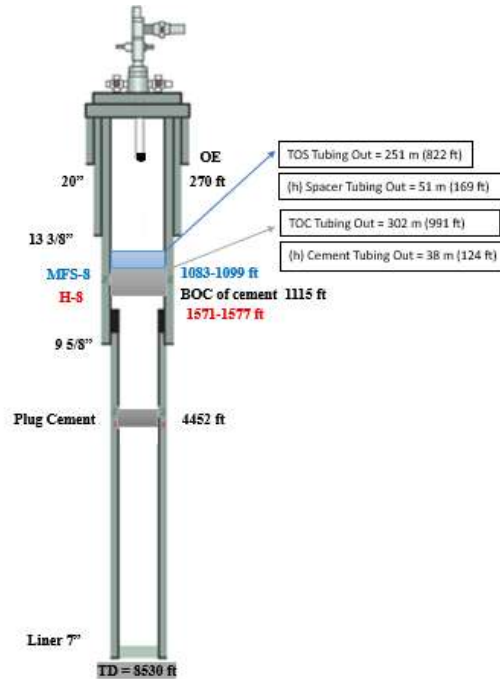
Sedangkan TOS *Top of Spacer* yang merupakan puncak atau ujung paling atas dari level ketinggian *spacer* itu sendiri. TOS dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} \text{TOS tubing in} &= \text{Open End Tubing} - \text{(h semen tubing in} + \text{h tinggi spacer ahead)} \\ &= 1115 \text{ ft} - (151,6 + 189) \text{ ft} = 774 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(h) Spacer tubing out} &= \frac{\text{vol.spacer ahead}}{\text{cap.casing}} \\ &= \frac{12,81 \text{ bbl}}{0,0758 \text{ bbl/ft}} \end{aligned}$$

$$= 169 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{TOS tubing out} &= \text{Open End Tubing} - (\text{h semen tubing out} + \text{h tinggi tubing out}) \\ &= 1115 \text{ ft} - (124 - 169) \text{ ft} \\ &= 822 \text{ ft} \end{aligned}$$



**Gambar 1.** Keadaan sumur “RF-L” setelah *squeeze squeeze cementing*.

Pekerjaan *squeeze squeeze cementing* pada sumur RF-L Lapangan D seperti pada Gambar 1 dilakukan untuk menutup zona perforasi MFS-8 yang telah mengalami penurunan produktivitas dan peningkatan produksi air dengan menggunakan metode balance plug. Metode ini dipilih untuk mengimbangi tekanan reservoir sehingga dapat mencegah terjadinya kehilangan fluida selama operasi. *Open End Tubing* dipasang pada kedalaman 1115 ft dengan jarak terhadap bottom perforasi sebesar 16 ft, dan sebelum pelaksanaan *squeeze job* dilakukan *injectivity rate test* untuk memastikan kemampuan formasi menerima fluida tanpa melampaui tekanan rekah.

Semen kelas G dengan densitas 15,8 ppg digunakan sesuai standar API untuk kondisi sumur RF-L yang memiliki total kedalaman 8530 ft. Pemilihan Class G, 15,8 ppg Adalah untuk hasil optimasi seperti cukup berat untuk menahan tekanan reservoir, tidak terlalu berat agar tidak memecahkan formasi, Stabil pada temperatur sumur dan fleksibel dengan aditif (Costa et al., 2021; Liu et al., 2022; Bahrami et al., 2024).

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan total *slurry* semen sebesar 9,402 bbl, yang terdiri

dari 46 sack semen dengan kebutuhan air pencampur sebesar 5,5 bbl. Untuk mencegah kontaminasi fluida, digunakan *spacer ahead* sebesar 12,81 bbl dan *spacer behind* sebesar 1,09 bbl, serta fluida displacement sebesar 4,5 bbl setelah penerapan *underdisplacement* 1 bbl. *Reverse circulation* dilakukan dengan volume 5,2 bbl untuk membersihkan sisa *slurry* semen di dalam tubing. Tahapan *hesitation* dan *Waiting on Cement* (WOC) diterapkan untuk memastikan semen mengeras sempurna pada zona target, sehingga pekerjaan *squeeze squeeze cementing* dinilai berhasil dan aman dalam menutup lapisan MFS-8. Dengan kondisi tersebut *Balance plug* adalah metode yang paling efektif dan efisien, hal ini dikarenakan presisi tinggi, tekanan terkontrol dan risiko formasi rendah.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perencanaan *squeeze squeeze cementing job* pada sumur RF-L Lapangan D dengan metode *balance plug* untuk menutup zona perforasi lapisan MFS-8, dibutuhkan 46 sack semen kelas G dengan air pencampur sebesar 229,6 gal atau 5,5 bbl untuk interval kedalaman 1083–1099 ft. Total volume *slurry* semen yang digunakan sebesar 9,402 bbl untuk menutup interval perforasi sepanjang 16 ft. Selain itu, pekerjaan *squeeze squeeze cementing* memerlukan *spacer ahead* sebesar 12,81 bbl, *spacer behind* sebesar 1,09 bbl, serta fluida displacement sebesar 4,5 bbl guna memastikan penempatan semen yang efektif pada zona target.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun karya ilmiah baik dari mentor perusahaan PT. Pertamina EP Asset V Sangatta Field yang telah memberi kepercayaan untuk mengolah data perusahaan, para dosen pembimbing yang telah membantu dalam membimbing penyusunan dan penulisan karya ilmiah ini serta seluruh rekan-rekan yang ikut membantu penulis dalam melakukan penelitian di PT. Pertamina EP Asset V Sangatta Field.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Alkhamis, M., & Imqam, A. (2021). Sealant injectivity through void space conduits to assess remediation of well cement failure. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(6), 2791-2804.
- Azis, M. R., & Effendi, D. (2024, January). Perhitungan Material *Slurry* Dan Desain Cement *Slurry* Di Laboratorium Pada Semen Pemboran Kelas G. In *Prosiding TAU SNARS-TEK Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi* (Vol. 3, No. 1, pp. 83-89).

- Bahrami, E., Farazmand, R., Norouzi-Apourvari, S., Rashidi, M., Hemmati-Sarapardeh, A., & Ostadhassan, M. (2024). Effect of particle size distribution on the class G oil well cement properties: experimental measurement and intelligent modelling. *Geoenergy Science and Engineering*, 240, 213030.
- Costa, B. L. S., Freitas, J. C. O., Araujo, R. G. S., Oliveira, Y. H., Santiago, R. C., & Oliveira, F. S. (2021). Analysis of different oil well cement slurry formulations exposed to a CO<sub>2</sub>-rich environment. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 51, 101636.
- Fuller, G. A., Mercado, S., & Mead, C. (2016, March). Engineered solutions to address deepwater remedial *squeeze cementing* challenges. In *SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition* (p. D031S025R001). SPE.
- Ibrahim, S., Fatryanto, D., Wicaksono, B., & Lutfi, M. (2023). Squeeze Cementing Design Based on Technical Calculations of Wells “S” and “P” in the “XY” Field. *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora (E-ISSN 2745-4584)*, 3(2), 241-250.
- Ikhsan, A., & Nirmala, G. S. (2024). Evaluasi Program *Squeeze squeeze cementing* Di Sumur X Pada Lapangan Pertamina Ep Zona 7 Jatibarang Cirebon. *Jurnal Eksplorasi dan Produksi Migas*, 2(2), 74-82.
- Izadi, M., Trudel, E., & Frigaard, I. A. (2024). Risk-based analysis of squeeze cementing operations. *Geoenergy Science and Engineering*, 234, 212687.
- Lauma, A. C., Djumantara, M., & Pauhesti, P. (2023). Analisis desain *squeeze squeeze cementing* pada sumur apr-04. *J. Penelit. Dan Karya Ilm. Lemb. Penelit. Univ. Trisakti*, 8, 215-220.
- Liu, R., Li, Y., Du, T., Zhou, S., Lu, P., & Wang, Y. (2022). Insight into Class G Wellbore Cement Hydration and Mechanism at 150° C Using Molecular Dynamics. *Energies*, 15(16), 6045.
- Prasetyo, E., Arief, T., & Prabu, U. A. (2019). Perencanaan *Squeeze squeeze cementing* Metode Balance Plug Pada Sumur X dan Sumur Y di Lapangan Ogan PT. Pertamina EP Asset 2 Prabumulih. *Universitas Sriwijaya*.
- Prasetyo, W., & Yunita, L. (2025). SQUEEZE CEMENTING PLANNING USING BALANCE PLUG METHOD IN LOSS FORMATION ON “TBN-10”. *KURVATEK*, 10(2).
- Priambodo, A., Julianto, C., Nugroho, M. R., & Tulloh, H. (2020, September). Studi Perencanaan dan Pelaksanaan *Squeeze squeeze cementing* Metode Bradenhead Squeeze untuk Water Shut Off pada Sumur Minyak dengan Water Cut Tinggi. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 403-410).
- Resesiyanto, H. (2022). Perhitungan Kebutuhan Material Penyemenan Dengan Metode Balance

Plug Pada Program Cement Plug Sumur X Lapangan Y. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 1(1), 38-43.

Yang, M., Luo, H., Xie, R., Wu, P., Yang, M., Yang, L., & Xue, H. (2022). Estimating and optimizing wellbore pressure during primary cementing in low pressure and leakage formations. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208, 109236.