

---

---

## Squeeze Cementing Design Based on Technical Calculations of Wells "S" and "I" in the "XY" Field

Sulaiman Ibrahim<sup>1</sup>, Deny Fatryanto<sup>2</sup>, Amiruddin<sup>3</sup>, Bambang Wicaksono<sup>4</sup>, Mohammad Lutfi<sup>5\*</sup>

<sup>12345</sup> Sekolah Tinggi Teknologi Migas

correspondence e-mail\*, [m.lutfi@sttmigas.ac.id](mailto:m.lutfi@sttmigas.ac.id)

Submitted:

Revised: 2023/01/01;

Accepted: 2025/03/21; Published: 2023/06/23

---

### Abstract

This study aims to analyze the technical calculations involved in the cementing process of two production wells, namely Well "S" and Well "I". The main focus includes the evaluation of slurry volume, spacer, displacing fluid, and reverse circulation required in the squeeze cementing operation. Calculations were performed by considering parameters such as annular capacity, casing and tubing volumes, perforation interval length, and the number of shots per foot. In Well "S", the slurry volume used for the squeeze was 2.1132 bbl, while in Well "I", it reached 28.8389 bbl. Additionally, slurry height and level, spacer volume, and the required displacing and reverse circulation fluids were determined. Class G cement was used in this study, combined with various additives including an accelerator (SSA-1), fluid loss control agents (Halad-344, Halad-433, Halad-314), a retarder (SCR-500), and antifoaming agents (D-Air 02 and D-Air), tailored to meet the specific needs of each well to optimize the rheological properties and thickening time of the slurry. The results indicate that accurate calculation of all cementing parameters is essential to ensure the success of the operation and long-term well integrity.

---

### Keywords

Well cementing, cement slurry, squeeze cementing, spacer, additive, Class G cement.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY SA) license, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

## PENDAHULUAN

Produksi air yang berlebih (*high water cut*) di sumur minyak dan gas telah menjadi tantangan utama pada tahap akhir produksi, mengakibatkan penurunan efisiensi, peningkatan biaya pemrosesan, serta risiko terhadap kelestarian lingkungan.<sup>1</sup> Masuknya air dari zona permeabilitas tinggi, rekahan alami, atau akibat kerusakan integritas pada semen sumur sering kali memerlukan tindakan remediasi untuk menjaga keberlanjutan operasi.<sup>2</sup>

Squeeze cementing merupakan salah satu teknik populer dalam menutup zona produksi air dengan cara menginjeksikan slurry semen ke perforasi atau kanal yang tidak diinginkan. Keberhasilan teknik ini bergantung pada desain slurry, volume, sifat kimia, serta pengendalian

---

<sup>1</sup> Kencana, Kevin Steven. "Aplikasi Micellar Enhanced Ultrafiltration pada Isolasi Kontaminan Organik dan Logam untuk Pemurnian Air Terproduksi dalam Upaya Konservasi Lingkungan." *no. May* (2017): 1-25.

<sup>2</sup> Rike, J. L., & Erik Rike. "Squeeze cementing: State of the art." *Journal of Petroleum Technology*, 34(01), (1982), 37-45.

kehilangan fluida.<sup>34</sup> Tantangan semakin meningkat pada sumur yang mengalami loss circulation tinggi, karena air yang memasuki formasi dapat menyebabkan slurry semen tidak ditempatkan dengan baik atau bahkan hilang ke zona-zona tak produktif.<sup>5</sup>

Salah satu inovasi dalam remedial cementing adalah balance plug method, yang menggunakan prinsip kesetimbangan hidrostatis antara kolom fluida di dalam dan di luar pipa, sehingga memungkinkan penempatan semen yang lebih presisi serta meminimalisir risiko *slurry* mengalir ke zona yang tidak diinginkan.<sup>67</sup> Dalam implementasinya, diperlukan perhitungan volume semen dan *spacer* yang cermat, desain sifat reologi *slurry*, serta strategi pengujian keberhasilan pekerjaan seperti *positive pressure test* dan *negative pressure test*.<sup>89</sup>

Pada dua sumur yang akan dilakukan analisa yaitu sumur S dan sumur I, diketahui kedua sumur tersebut mengalami masalah yang sama, yakni nilai rasio water cut yang sangat tinggi. Hal ini tentu sangat berdampak pada keekonomisan kedua sumur tersebut, di mana pada sumur S nilai water cut mencapai 99% dan pada sumur I sebesar 90%.<sup>10</sup> Selain itu, pada sumur S dan sumur I akan dilakukan kerja ulang pindah lapisan, sehingga akan dilaksanakan *squeeze cementing* dengan metode *balance plug* untuk menjaga tekanan *squeeze* agar tidak merusak formasi dari kedua sumur tersebut.

Operasi *squeeze cementing* ini bertujuan untuk menutup zona produksi yang sudah tidak produktif lagi. Keberhasilan operasi *squeeze cementing* dapat diketahui melalui uji *squeeze job*, yakni *positive test* dan *negative test*; pada *positive test* tidak boleh ada perubahan pada *pressure gauge*,

---

<sup>3</sup> Yousuf, Navid, Olatunji Olayiwola, Boyun Guo, and Ning Liu. "A comprehensive review on the loss of wellbore integrity due to cement failure and available remedial methods." *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 207, (2021), 109123.

<sup>4</sup> Nelson, Erik B., ed. *Well cementing*. Vol. 28. Newnes, 1990.

<sup>5</sup> Amin "Teknik pengeboran Migas lumpur dan hidrolika lumpur pemboran." Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta. (2014).

<sup>6</sup> Onuh, Haruna, Ilyas Abdulsalaam, Fatima Abdurahaman, Emmanuel Osarowaji, Rohan Chemmarikattil, Charles Ibrahim, and Greg Ntiwunka "Cement packer installation in highly deviated well using the balanced hydrostatic plug concept through coiled tubing: Offshore Niger Delta." *In SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition* (p. D033S023R005). SPE. (2019, August).

<sup>7</sup> Onuh, Haruna, Kenneth Ogubuike, Emmanuel Osarowaji, Charles Ibrahim, Rohan Chemmarikattil, and Leonard Nwaigwe. "Successful recovery of behind pipe reserves in highly deviated well using the balanced cement plug concept for cement packer installation through coiled tubing: Offshore Niger Delta." *In SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. SPE. (2020, August).

<sup>8</sup> Mehmood, Azfar, Abdul Sattar, Nabeel Akbar, Saqib Jah Temuri, Adnan Fazal, Salman Saeed, Saad Yousuf Khokhar, Arif Yousuf, Aziz ur Rehman, and Afnan Ahmed Dar. "Cement plug for water shut-off using coiled tubing hydrostatic valve: Case studies." *In SPE/PAPG Pakistan Section Annual Technical Conference* (pp. SPE-201172). SPE. (2019, November).

<sup>9</sup> Ahrenst, A., C. Grosshans, A. Martinez Melo, and S. C. Suarez Jerez. "Improved cement plug placement method resulting in reduced rig time." *In SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition* (p. D031S025R003). SPE. (2016, March).

sementara pada *negative test* (dilakukan dengan *swabbing*) tidak boleh terdapat partikel-partikel semen yang terbawa ke permukaan. Berdasarkan permasalahan yang terjadi di kedua sumur ini, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai *squeeze cementing* dengan menggunakan metode *balance plug* di sumur S dan sumur I lapangan XY.

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan numerical fluid simulation semakin banyak dimanfaatkan dalam perencanaan dan evaluasi remedial cementing. Dengan aplikasi *numerical simulation*,<sup>11,12</sup> distribusi fluida, pergerakan slurry, dan prediksi kemungkinan fluid loss dapat dianalisis secara lebih detail sebelum pekerjaan lapangan dilaksanakan.

Selain metode berbasis semen Portland, alternatif seperti aplikasi gel polimer, resin, dan pemanfaatan *mechanical packer* juga mulai berkembang untuk menghadapi tantangan konformance control, terutama di sumur dengan tingkat *water cut* tinggi.<sup>10</sup> Penggunaan alat inovatif seperti *port collar* dan *hydrostatic valve*, atau formulasi semen khusus seperti *self-supporting slurry* dan *low solids shear dependent cement*, telah terbukti meningkatkan efektivitas *remedial cementing* di berbagai kondisi lapangan.<sup>11</sup> Secara umum, keberhasilan remedial cementing pada sumur dengan kehilangan sirkulasi dan *water cut* tinggi dipengaruhi oleh desain teknik, metode penempatan, dan uji hasil kerja. Inovasi fluida semen, alat, dan isolasi zonal terus berkembang demi kinerja sumur yang optimal.<sup>12</sup>

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode perhitungan teknis untuk operasi *squeeze cementing* menggunakan pendekatan *balance plug*. Langkah-langkah perhitungan dilakukan secara sistematis untuk menentukan kebutuhan volume *slurry*, *spacer*, *displacing fluid*, dan *reverse circulation*, serta volume dan jenis aditif yang digunakan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

*Volume Casing* dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\text{Volume Casing} = \text{Kapasitas Casing} \times \text{Panjang Interval} \quad (1)$$

*Volume Tubing* dihitung dengan persamaan (2):

$$\text{Volume Tubing} = \text{Kapasitas Tubing} \times \text{Panjang Interval} \quad (2)$$

---

<sup>10</sup> Poole, D. A. "Plug and abandonment." In *Applied well cementing engineering* (2009), (pp. 569–600). Gulf Professional Publishing.

<sup>11</sup> Erwin, Erwin, and Christianto Widi Dewanto. "Increased success rates for squeeze-cementing using a surfactant soak—the vital role of surfactant concentration." In *SPE Europec featured at EAGE Conference and Exhibition* (2011, May), (pp. SPE-143464). SPE.

<sup>12</sup> Cowan, M. "Field study results improve squeeze-cementing success." *SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City*, (2007, March–April), OK (SPE-106765-MS). <https://doi.org/10.2118/106765-MS>.

Volume per shoot dihitung berdasarkan total volume casing dan tubing menggunakan persamaan (3):

$$\text{Volume per shoot} = \text{Volume Casing} + \text{Volume Tubing} \quad (3)$$

Volume semen untuk proses squeeze ditentukan dengan persamaan (4):

$$\text{Volume to Squeeze} = \text{Interval Perforasi (ft)} \times \text{SPF} \times \text{Volume per shoot} \quad (4)$$

Menentukan Volume dan Level Spacer. Volume water ahead (Vwa) dihitung berdasarkan dengan persamaan (5):

$$Vwa = (\text{Vwb} \times \text{Kapasitas Annulus}) / \text{Kapasitas Tubing} \quad (5)$$

Volume water behind (Vwb) dihitung dengan persamaan (6):

$$Vwb = (\text{Vwa} \times \text{Kapasitas Tubing}) / \text{Kapasitas Annulus} \quad (6)$$

Tinggi spacer (H Spacer) ditentukan dengan persamaan (7):

$$H \text{ spacer} = \frac{\text{Spacer ahead}}{\text{Cap annulus} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right) + \text{Cap tubing} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right)} \quad (7)$$

Menentukan Volume Slurry di Casing. Panjang interval dihitung berdasarkan selisih antara kedalaman Top Sand dengan estimasi Top of Cement (TOC) menggunakan persamaan (8):

$$\text{Panjang Interval} = \text{Depth Top Sand} - \text{hest TOC} \quad (8)$$

Volume slurry di dalam casing dihitung sebagai selisih menggunakan persamaan (10):

$$\text{Volume Slurry di Casing} = \text{Volume Semen} - \text{Volume to Squeeze} \quad (10)$$

Menentukan Tinggi dan Level Slurry di Casing. Tinggi slurry dihitung dengan persamaan (11):

$$\text{Tinggi Slurry} = \frac{\text{Vol.Cement (ft)}}{\text{Cap tubing} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right) + \text{Cap annulus} \left(\frac{\text{bbl}}{\text{ft}}\right)} \quad (11)$$

Level slurry ditentukan berdasarkan:

$$\text{Level Slurry} = \text{OE} - \text{Tinggi Slurry} \quad (12)$$

Menentukan Volume Displacing Fluid. Volume fluida yang digunakan untuk mendorong slurry ke zona squeeze dihitung dengan persamaan (13):

$$\text{Volume Displacing Fluid} = (\text{OE} - (\text{Tinggi Slurry} + \text{Tinggi Spacer})) \times \text{Kapasitas Tubing} \quad (13)$$

Menentukan Raise-Up Tubing. Proses raise-up tubing dilakukan untuk mengangkat tubing hingga melewati level slurry:

$$\text{Raise-Up Tubing} = \text{OE} - \text{Level Slurry} \quad (14)$$

Menentukan Volume Reverse Circulation. Volume reverse circulation (Vro) dihitung dengan persamaan (15):

$$Vro = (\text{Raise-Up OET} \times \text{Kapasitas Casing}) + (\text{Raise-Up OET} \times \text{Kapasitas Tubing}) \quad (15)$$

Pemilihan jenis aditif seperti *accelerator*, *fluid loss control agent*, *retarder*, dan *antifoam* disesuaikan dengan kebutuhan karakteristik *slurry* di masing-masing sumur. Volume dan berat aditif dihitung berdasarkan desain *slurry* yang telah ditentukan sebelumnya.

Hasil dari seluruh perhitungan ini kemudian dianalisis untuk menilai efisiensi proses squeeze cementing, akurasi volume material yang dibutuhkan, serta pengaruh parameter-parameter desain terhadap kualitas penyemenan dan keberhasilan isolasi zona target.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menunjang kegiatan perencanaan dan pelaksanaan operasi di lapangan, informasi teknis mengenai karakteristik masing-masing sumur sangat penting untuk dikaji secara rinci. Data sumur mencakup berbagai parameter seperti kedalaman sumur, jenis dan ukuran casing maupun tubing, kapasitas annulus, serta data tekanan dan formasi yang menjadi acuan dalam penentuan strategi operasi, khususnya dalam proses squeezing atau cementing. Selain itu, data mengenai penggunaan bahan aditif juga turut berperan dalam memastikan keberhasilan operasi, baik dari segi kualitas semen, kecepatan pengerasan, pengendalian kehilangan fluida, hingga pencegahan pembentukan busa.

Berikut ini disajikan Tabel 1, yang memuat data teknis dua sumur yaitu Sumur S dan Sumur I, meliputi parameter geometri serta karakteristik fluida yang digunakan. Selanjutnya, Tabel 2 menunjukkan jenis bahan aditif yang digunakan dalam proses tersebut, beserta fungsi dan komposisinya pada masing-masing sumur.

**Tabel 1.** Data Sumur

Deskripsi	Jumlah		Satuan
	Sumur S	Sumur I	
Kedalaman Sumur	4238	892	Md
Jenis <i>Casing</i>	7" – N80 - 26	7" - K55 - 23	Ppf
<i>OD Casing</i>	7	7	In
<i>ID Casing</i>	6,276	6,366	In
<i>OD Tubing</i>	3,5	3,5	In
<i>ID Tubing</i>	2,992	2,992	In
Kapasitas <i>Casing</i>	0,0383	0,0394	Bbl/ft
Kapasitas <i>Tubing</i>	0,0087	0,0087	Bbl/ft
Kapasitas <i>Annulus</i> (7" – 2,992")	0,0264	0,0275	Bbl/ft
<i>Tubing in</i>	3841	327	Ft
<i>Formation Fracturing Gradient</i>	0,7	0,7	Psi/ft

<i>Spacer Ahead</i>	10	10	Bbl
<i>Densitas Fluida Kompleksi</i>	8,33	8,33	Ppg
<i>Depth Interval Squeeze</i>	4075 – 4200	552 – 562	Ft
<i>OE</i>	4202	582	Ft
<i>Raise Up OET</i>	4975	552	Ft
<i>Depth RBP</i>	4218	607	Ft
<i>h est TOC</i>	4025	402	Ft
<i>Depth Top Sand</i>	4203	592	Ft

**Tabel 2** Data *additive*

Bahan	Fungsi	Komposisi		Satuan
		Sumur S	Sumur I	
SSA-1	Accelerator	0,35	-	%
Halad-344	Fluid Loss	0,4	-	Gal/sak
Halad-433	Fluid Loss	0,3	-	Gal/sak
SCR-500	Retarder	0,65	-	%
D-Air 02	Anti-foam	0,05	0,1	Gal/sak
CFR	Friction reduces	-	0,01	%
Halad-314	Fluid loss	-	0,015	%

Tabel 3 adalah hasil perhitungan parameter-parameter utama yang diperoleh dari proses perencanaan dan pelaksanaan penyemenan pada Sumur “S” dan Sumur “I”. Data mencakup volume casing, volume slurry semen, volume tubing, volume per shoot, serta parameter lain yang berkaitan dengan proses *squeeze cementing*, *displacing fluid*, dan *reverse circulation*.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Sumur “S” dan Sumur “I”

Deskripsi	Jumlah		Satuan
	Sumur “S”	Sumur “I”	
<i>Volume Casing</i>	0,1148	0,3937	Bbl
<i>Volume Semen</i>	6,8109	7,4800	Bbl
<i>Volume Tubing</i>	0,0261	0,0870	Bbl
<i>Volume Per Shoot</i>	0,1409	0,4806	Cuft/shoot
<i>Volume To Squeeze</i>	2,1132	28,8389	Bbl
<i>Volume Water Ahead</i>	10	10	Bbl
<i>Volume Water Behind</i>	3,2987	3,1660	Bbl
<i>H Spacer</i>	285,2295	276,5122	Ft

Panjang ( <i>h</i> ) Interval	178	190	Ft
Volume Slurry di Casing	4,6977	21,3589	Bbl
Tinggi Slurry	194,2657	206,8316	ft
Level Slurry	4007,7343	375,1684	Ft
Volume Displacing Fluid	32,3724	0,8580	Bbl
Raise Up Tubing	479,4952	483,3438	Ft
Volume Reverse Circulation	191,3605	26,5318	Bbl

Tabel 4 menyajikan hasil perhitungan jumlah aditif yang digunakan dalam proses penyemenan pada Sumur "S" dan Sumur "I". Setiap aditif memiliki fungsi tertentu dalam mendukung keberhasilan penyemenan, seperti mempercepat atau memperlambat pengerasan semen, mengurangi kehilangan cairan, mengurangi gesekan, serta mencegah pembentukan buih yang dapat mengganggu integritas *slurry* semen.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Additif

Deskripsi	Fungsi	Jumlah		Satuan
		Sumur "S"	Sumur "I"	
SSA-1	<i>Accelerator</i>	15,4630	-	Lb
Halad-344	<i>Fluid Loss</i>	18,8	-	Lb
Halad-433	<i>Fluid Loss</i>	14,1	-	Lb
SCR-500	<i>Retarder</i>	28,7170	-	Lb
D-Air 2	<i>Anti-Foam</i>	2,35	-	Gallon
CFR	<i>Friction Retarder</i>	-	44,18	Lb
Halad-314	<i>Fluid Loss</i>	-	66,27	Lb
D-Air	<i>Anti-Foam</i>	-	4,7	Gallon

Dalam penelitian ini, pada Sumur S, pertama-tama dilakukan perhitungan volume *slurry* semen. Langkah awal adalah menentukan kapasitas *annulus* antara *casing* dan *tubing*, yang diperoleh sebesar 0,0470 bbl/ft. Selanjutnya, ditentukan volume *casing* sebesar 0,1148 bbl dan volume *tubing* sebesar 0,0261 bbl. Berdasarkan data tersebut, *total volume slurry* semen yang dibutuhkan untuk mengisi ruang antara *casing* dan *tubing* adalah sebesar 0,1409 bbl.

Perhitungan volume semen dan *level spacer* pada *casing* untuk sumur ini dilakukan berdasarkan interval perforasi sepanjang 3 ft dengan jumlah tembakan 5 *shot per feet* (spf), dan *volume per shot* sebesar 0,1409 cuft/shoot. Maka diperoleh volume untuk proses *squeeze* sebesar 2,1132 bbl. Setelah diperoleh *volume to squeeze*, dilanjutkan dengan perhitungan volume *slurry* dalam *casing*, yang didapatkan sebesar 4,6977 bbl. Selanjutnya, dilakukan estimasi ketinggian *slurry* pada sumur berdasarkan *total volume slurry* semen yang dihitung dari volume *casing*, *tubing*, dan *annulus*. Hasilnya, diperoleh tinggi *slurry* sebesar 194,2657 ft dan *level slurry* pada sumur sebesar 4007,7343 ft.

Untuk menentukan volume dan ketinggian *spacer* pada sumur, berdasarkan perhitungan sebelumnya diperoleh  $V_{wa}$  sebesar 10 bbl dan  $V_{wb}$  sebesar 3,2987 bbl, sehingga total volume *spacer* ( $V_{sp}$ ) adalah 33,4028 bbl. Dari data tersebut, ketinggian *spacer* yang akan *displaced* adalah sebesar 285,2295 ft.

*Volume displacing fluid* pada sumur dihitung sebagai fluida yang akan mendorong *slurry* menuju zona *squeeze* melalui *tubing*. Pada penelitian ini, fluida yang digunakan adalah air garam (*salt water*), dengan volume sebesar 32,3724 bbl.

Proses *raise-up tubing* dilakukan untuk mengangkat *tubing* hingga melewati *level spacer*. Hasil pengangkatan *tubing* pada sumur ini mencapai 479,4952 ft. Selanjutnya, dilakukan perhitungan volume *reserve circulation* pada sumur, yaitu proses sirkulasi ulang air garam dari *annulus* ke dalam *tubing* dengan tujuan untuk membersihkan sisa *slurry* yang masih menempel di *tubing* dan *casing*. Volume *reserve circulation* yang diperoleh adalah sebesar 233,3275 bbl.

Pada Sumur I, dilakukan perhitungan serupa. Langkah pertama adalah menghitung kapasitas *annulus* antara *casing* dan *tubing*, yang diperoleh sebesar 0,0481 bbl/ft. Kemudian volume *casing* dihitung sebesar 0,3937 bbl, dan volume *tubing* sebesar 0,0870 bbl. Total volume *slurry* semen yang dibutuhkan untuk *casing* dan *tubing* adalah sebesar 0,4806 bbl.

Interval perforasi pada sumur ini adalah 10 ft dengan 6 spf dan *volume per shot* sebesar 0,4806 cuft/shoot, sehingga diperoleh *volume to squeeze* sebesar 28,8389 bbl. Volume *slurry* dalam *casing* dihitung sebesar 21,3589 bbl. Tinggi *slurry* ditentukan berdasarkan total volume semen yang telah dihitung, yaitu sebesar 206,8316 ft, dan level *slurry* berada pada kedalaman 375,1684 ft.

Untuk volume dan ketinggian *spacer*, diperoleh  $V_{wa}$  sebesar 10 bbl dan  $V_{wb}$  sebesar 3,1660 bbl, dengan  $V_{sp}$  sebesar 2,8437 bbl. Ketinggian *spacer* yang dihasilkan adalah sebesar 276,5122 ft. Volume *displacing fluid* yang digunakan untuk mendorong *slurry* ke zona *squeeze* pada Sumur I adalah sebesar 0,8580 bbl. Fluida yang digunakan juga berupa air garam.

*Raise-up tubing* dilakukan untuk menaikkan *tubing* di atas *level spacer*, dengan hasil sebesar 483,3438 ft. Volume *reserve circulation* yang dihitung sebesar 21,7231 bbl, berfungsi untuk membersihkan sisa *slurry* dari dalam *tubing* dan *casing*.

Dalam penelitian ini, jenis semen yang digunakan adalah semen kelas G dengan beberapa jenis *additive* sebagai berikut:



1. SSA-1 (*Accelerator*): Berfungsi mempercepat proses pengerasan *slurry* semen sehingga waktu pengentalan (*thickening time*) menjadi lebih pendek. Selain itu, SSA-1 juga mempercepat peningkatan kekuatan semen serta mengimbangi fungsi *additive* lain seperti *dispersant* dan *fluid loss control agent*. Jumlah SSA-1 yang digunakan adalah 15,4630 lb.
2. Halad-344 (*Fluid Loss Control*): Digunakan untuk mencegah kehilangan fasa cair *slurry* semen ke dalam formasi sehingga kandungan air tetap stabil. *Additive* ini sedikit memperpanjang waktu pemompaan dan cocok digunakan pada sumur dangkal. Halad-344 memberikan hasil yang baik pada temperatur rendah dan dapat digunakan dalam air tawar maupun air garam. Jumlah Halad-344 yang digunakan sebesar 18,8 lb. Sementara itu, Halad-433 digunakan sebesar 14,1 lb dan Halad-314 sebesar 66,27 lb.
3. SCR-500 (*Retarder*): Berfungsi memperlambat proses pengerasan *slurry* semen agar memiliki cukup waktu untuk mencapai target zona. Jumlah SCR-500 yang digunakan adalah 28,7170 lb.
4. D-Air 02 dan D-Air (*Antifoam*): Digunakan untuk mencegah pembentukan buih dalam *slurry* semen yang dapat mengganggu kualitas penyemenan. Volume D-Air 02 yang digunakan adalah 2,35 galon, dan D-Air sebesar 4,7 galon.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada Sumur "S" dan Sumur "I", diperoleh data teknis yang menggambarkan perencanaan dan pelaksanaan proses penyemenan yang cermat. Volume *slurry* semen, volume *spacer*, serta volume *displacing fluid* dan *reverse circulation* telah dihitung secara detail sesuai dengan kondisi masing-masing sumur. Pada Sumur S, volume to squeeze lebih kecil dibandingkan Sumur I, menunjukkan adanya perbedaan kebutuhan semen akibat perbedaan interval perforasi dan volume *annulus*. Jenis-jenis *additive* yang digunakan seperti *accelerator*, *fluid loss control*, *retarder*, dan *antifoam* juga disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing sumur untuk memastikan *slurry* semen memiliki sifat fisik dan kimia yang optimal selama proses penyemenan berlangsung. Penggunaan semen kelas G ditambah dengan komposisi *additive* yang tepat bertujuan untuk mencapai kualitas penyemenan yang baik serta menjamin integritas sumur dalam jangka panjang.

## REFERENCES

Ahrenst, A., C. Grosshans, A. Martinez Melo, and S. C. Suarez Jerez. "Improved cement plug placement method resulting in reduced rig time." *In SPE/IADC Drilling Conference and*

- Exhibition* (p. D031S025R003). SPE. (2016, March).
- Amin "Teknik pengeboran Migas lumpur dan hidrolika lumpur pemboran." Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta. (2014).
- Angga, Ray Arden. "Evaluasi pekerjaan squeeze cementing sumur CLU-04 di lapangan Z dengan metode bradenhead." SKRIPSI-2019, Universitas Trisakti. (2020).
- Cowan, M. "Field study results improve squeeze-cementing success." *SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City*, (2007, March–April), OK (SPE-106765-MS). <https://doi.org/10.2118/106765-MS>.
- Erwin, Erwin, and Christianto Widi Dewanto. "Increased success rates for squeeze-cementing using a surfactant soak—the vital role of surfactant concentration." *In SPE Europec featured at EAGE Conference and Exhibition* (2011, May), (pp. SPE-143464). SPE.
- Kencana, Kevin Steven. "Aplikasi Micellar Enhanced Ultrafiltration pada Isolasi Kontaminan Organik dan Logam untuk Pemurnian Air Terproduksi dalam Upaya Konservasi Lingkungan." *no. May* (2017): 1-25.
- Lutfi, Mohammad. "Insight of numerical simulation for current circulation on the steep slopes of bathymetry and topography in Palu Bay, Indonesia." *Fluids* 6.7 (2021): 234.
- Lutfi, Mohammad "Hydrodynamics circulation model in the estuary of palu river based on numerical calculations." *Journal of Engineering Science and Technology* 15, no. 4 (2020): 2309-2323.
- Mehmood, Azfar, Abdul Sattar, Nabeel Akbar, Saqib Jah Temuri, Adnan Fazal, Salman Saeed, Saad Yousuf Khokhar, Arif Yousuf, Aziz ur Rehman, and Afnan Ahmed Dar. "Cement plug for water shut-off using coiled tubing hydrostatic valve: Case studies." *In SPE/PAPG Pakistan Section Annual Technical Conference* (pp. SPE-201172). SPE. (2019, November).
- Nelson, Erik B., ed. *Well cementing*. Vol. 28. Newnes, 1990.
- Onuh, Haruna, Ilyas Abdulsalaam, Fatima Abdurahaman, Emmanuel Osarowaji, Rohan Chemmarikattil, Charles Ibrahim, and Greg Ntiwunka "Cement packer installation in highly deviated well using the balanced hydrostatic plug concept through coiled tubing: Offshore Niger Delta." *In SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition* (p. D033S023R005). SPE. (2019, August).
- Onuh, Haruna, Kenneth Ogubuike, Emmanuel Osaronwaji, Charles Ibrahim, Rohan Chemmarikattil, and Leonard Nwaigwe. "Successful recovery of behind pipe reserves in highly deviated well using the balanced cement plug concept for cement packer installation through coiled tubing: Offshore Niger Delta." *In SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. SPE. (2020, August).
- Poole, D. A. "Plug and abandonment." *In Applied well cementing engineering* (2009), (pp. 569–600). Gulf Professional Publishing.
- Rike, J. L., & Erik Rike. "Squeeze cementing: State of the art." *Journal of Petroleum Technology*, 34(01), (1982), 37–45.
- Yousuf, Navid, Olatunji Olayiwola, Boyun Guo, and Ning Liu. "A comprehensive review on the loss of wellbore integrity due to cement failure and available remedial methods." *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 207, (2021), 109123.