



EVALUASI PROGRAM SQUEEZE CEMENTING DI SUMUR X PADA LAPANGAN PERTAMINA EP ZONA 7 JATIBARANG CIREBON

Asrazul Ikhsan¹, Gerry Sasanti Nirmala^{1*}

¹Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Indonesia

*E-mail: gerry.nirmala@esdm.go.id

ABSTRAK

Squeeze Cementing merupakan sebuah operasi remedial yang penting dalam industri minyak dan gas, bertujuan untuk memperbaiki integritas sumur serta mengoptimalkan produksi. Proses ini melibatkan penyuntikan sejumlah kecil bubuk semen ke zona-zona tertentu di bawah tekanan. Tujuannya bermacam-macam, seperti mengurangi zona air atau gas, menangani kebocoran casing, memperbaiki kesalahan zona perforasi, dan meningkatkan penyemenan primer. *Squeeze cementing* memiliki peran yang signifikan selama tahap pengeboran, penyelesaian, dan workover. Tugas Akhir ini memberikan gambaran mengenai prinsip-prinsip, metode, dan penerapan *squeeze cementing*. Teknik ini ditekankan karena pentingnya dalam menjamin stabilitas sumur, mencegah migrasi fluida, dan menjaga integritas reservoir.

Kata kunci: *slurry, desain slurry, squeeze cementing*

ABSTRACT

Squeeze Cementing is a crucial remedial operation in the oil and gas industry, that aims to enhance well integrity and optimize production. The process involves injecting a small cement slurry into specific zones under pressure. Its objectives include reducing water or gas zones, addressing casing leaks, rectifying perforation zone errors, and enhancing primary cementing. Squeeze cementing plays a significant role during drilling, completion, and workover stages. This paper provides an overview of the principles, methods, and applications of squeeze cementing. The technique is important for ensuring well stability, preventing fluid migration, and preserving reservoir integrity. Understanding the complexity of squeeze cementing is a strategic key to effective well intervention and long-term production efficiency in the oil and gas industry.

Keywords: *slurry, slurry design, squeeze cementing*

1. PENDAHULUAN

Workover adalah serangkaian pekerjaan untuk memperbaiki atau mempertahankan produksi minyak dan gas. Tujuannya adalah untuk meningkatkan produksi sumur atau memastikan produksi sumur tetap berlangsung secara efektif. Pekerjaan *workover* antara lain:

1. Menambah perforasi merupakan suatu tindakan dalam perawatan sumur yang bertujuan untuk meningkatkan produksi dengan menambah jumlah lubang perforasi.
2. Membersihkan lubang perforasi adalah proses untuk menghilangkan sisa-sisa material seperti pasir yang mungkin mengendap di dasar sumur, yang dapat menghambat aliran produksi.
3. Isolasi zona merujuk pada tindakan untuk mengisolasi bagian sumur yang tidak produktif karena tingginya kadar air.
4. *Swabbing* adalah kegiatan mengekstraksi fluida dari dalam sumur menggunakan alat khusus seperti tubing, drill pipe, dan sejenisnya[1].

Dalam proses pemboran sumur, penyemenan memiliki peran krusial karena keberhasilan operasi pemboran seringkali bergantung pada efektivitas penyemenan sumur. Penyemenan bertujuan utama 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 [2]. Selain itu, penyemenan juga melindungi *casing* dari korosi yang dapat disebabkan oleh fluida formasi. Selain aspek mekanis dan korosi, proses penyemenan juga melibatkan pemisahan antara zona-zona di belakang *casing*, memastikan isolasi yang efektif di antara zona-zona tersebut. Keseluruhan, penyemenan sumur menjadi faktor penentu keberhasilan operasi pemboran dengan menjaga kekokohan *casing* dan melindungi sumur dari berbagai potensi masalah[3].

Cementing adalah proses penting dalam pengeboran sumur minyak dan gas, di mana semen digunakan untuk mengisolasi *casing*

dan mencegah migrasi fluida antara formasi bawah permukaan. Semen primer menempatkan bubuk semen antara *casing* dan formasi untuk memastikan integritas sumur, sedangkan semen remedial (*secondary cementing*) dilakukan untuk mengatasi masalah yang muncul setelah pengeboran selesai. *Secondary cementing* mencakup teknik seperti *squeeze cementing*, *remedial cementing*, dan *plug-back cementing*[4].

Squeeze cementing, merupakan kegiatan memasukkan sejumlah *slurry* kedalam zona yang diinginkan, digunakan untuk menutup zona air atau gas yang tidak diinginkan, memperbaiki kebocoran pada *casing*, dan merekompletasi zona [5]. Prosedur dasar dalam menyelesaikan tugas penyemenan primer melibatkan pemanfaatan metode *two-plug* untuk proses pemompaan dan pemindahan. Pendekatan ini pertama kali diterapkan pada tahun 1910 di sumur dangkal di California. Setelah melakukan pengeboran hingga mencapai kedalaman yang diinginkan, pipa bor ditarik keluar, dan *casing* dengan diameter lebih besar dimasukkan ke dalam sumur hingga mencapai dasar sumur. Pada tahap ini, lumpur pemboran yang digunakan untuk mengangkat potongan formasi selama pengeboran masih terdapat di dalam lubang sumur [6]. Lumpur ini perlu dihilangkan dan digantikan dengan semen yang telah mengeras. Metode yang diterapkan untuk mencapai hal ini dikenal sebagai metode *two-plug*. Metode ini digunakan untuk mengisolasi semen saat disuntikkan ke dalam *casing* [7].

Di Lapangan RDG milik PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Cirebon, *squeeze cementing* digunakan untuk perpindahan zona perforasi guna meningkatkan efisiensi produksi. Penelitian ini mengevaluasi program *squeeze cementing* di lapangan tersebut, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada penyekatan antara sumur.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Elnusa Tbk Lapangan Mundu, yang bergerak di bidang *oil and gas service*. Lapangan ini memiliki divisi

Pumping Pressure Service yang mencakup *Cementing* dan *Coiled Tubing*. Penelitian *squeeze cementing* dilakukan di Laboratorium *Cementing Workshop Elnusa Mundu*, pada sumur-sumur Pertamina EP Zona 7 Jatibarang, Cirebon, Jawa Barat, dari 19 Januari 2024 hingga 31 Maret 2024.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 1 sebagai berikut:

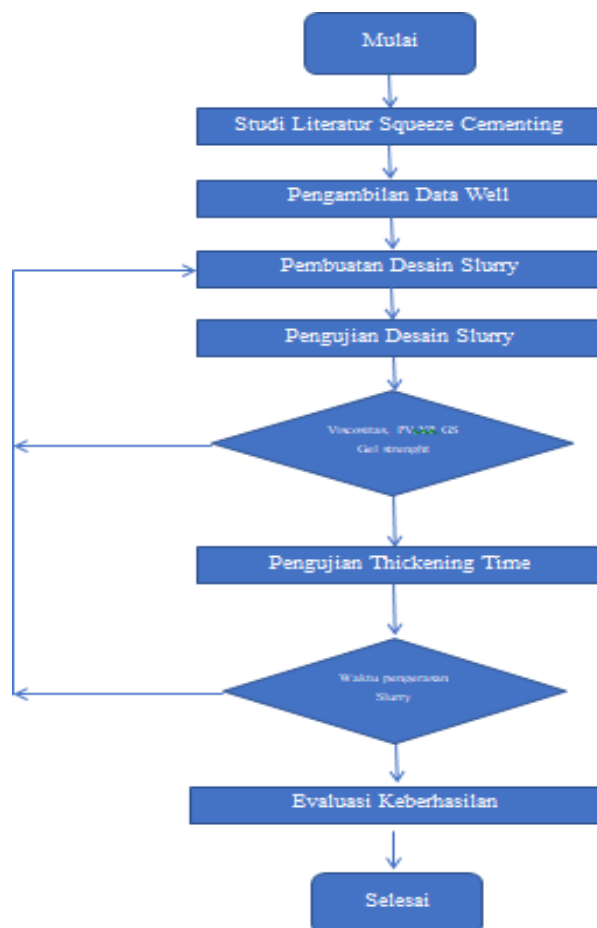
1. Studi mengenai *Well Skematik* yaitu mengambil data kedalaman, tekanan, dan temperatur sumur untuk menentukan zona *squeeze cementing* dan menyesuaikan *slurry semen* dengan kondisi aktual sumur.
2. Desain *Slurry Semen* yaitu mendesain

slurry semen di laboratorium menggunakan aditif untuk menyesuaikan kondisi sumur berdasarkan data *offsite well*.

3. Pengujian *Slurry Semen* yaitu mengukur viskositas dengan viscometer, menentukan nilai PV dan YP melalui perhitungan, serta mengukur *Gel Strength* pada kondisi statis 10 detik dan 10 menit.
4. Pengujian *Thickening Time* yaitu menggunakan *Presurized Consistometer* untuk mengamati waktu pengerasan semen pada temperatur dan tekanan sumur hingga mencapai 100 BC.

2.3 Data Penelitian

Penelitian menggunakan data dari satu sumur, termasuk data well skematik dan laporan laboratorium.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. PEMBAHASAN

3.1 Latar Belakang Sumur

Lapangan PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Cirebon memiliki sumur produksi yang tidak lagi produktif, sehingga diputuskan untuk melakukan perpindahan zona

perforasi dengan *squeeze cementing*. *Squeeze cementing* adalah teknik perbaikan pada pekerjaan *cementing* yang tidak sempurna, yang melibatkan injeksi bubur semen dalam jumlah kecil untuk meningkatkan kualitas ikatan semen dan mengurangi produksi air [8].

Penelitian dilakukan pada sumur X dengan interval *squeeze cementing* di kedalaman 675-684 meter (MD) dan 604 meter (TVD). *Injectivity Rate Test* pada 1 Februari 2024 pada Tabel 1 menunjukkan zona target dengan mode-rate, total volume Fluid In 0,9

bbl dan tekanan 300 psi, sehingga desain *slurry cement* dengan viskositas rendah digunakan. Langkah-langkah penelitian meliputi:

1. Mendesain *slurry cement* di laboratorium.
2. Membuat program *squeeze cementing* dengan metode kombinasi antara *bradenhead* dan *balance plug* untuk menutup zona tidak produktif.

Tabel 1. *Injectivity Rate Test*

Injectivity Rate Test			
Time	Fluid In (bbl)	Fluid Rate (bbm)	Pressure
01.01	0.36	03	300
01.02	Observation : 1 minutes : 194 psi		
01.03	0.5	03	300
01.05	Observation : 2 min = 180 psi		
01.06	0.65	03	300
01.08	Observation : 2 min = 230 psi		
01.09	0.9	0,3	300
01.10	Observation : 1 min = 300 psi		

3.2 Program *Squeeze Cementing*

Program *squeeze cementing* disusun sebagai panduan untuk pelaksanaan pekerjaan di lapangan, memastikan efisiensi dan keberhasilan proses melalui perhitungan volume kapasitas tubular, volume fluida, tekanan injeksi, dan jadwal pemompaan yang tepat. *Squeeze cementing* bertujuan untuk menutup lapisan tidak produktif dengan menggunakan campuran semen (*cement slurry*) yang ditekan ke dalam lubang perforasi atau formasi untuk mengatasi kebocoran. Proses ini melibatkan desain *slurry cement* yang sesuai dengan karakteristik zona target, yang pada Sumur X memiliki interval 675-684 m, BHP 1000 psi, BHST 180°F, BHCT 147°F, dan ΔP_{fract} 0,70 psi/ft.

Adapun prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

3.2.1. Penentuan Volume Capacity Tubular

dan *Slurry Cement*

Menentukan volume kapasitas tubular penting untuk menghitung jumlah fluida yang diperlukan. Data diameter dalam (ID), diameter luar (OD), dan panjang tubular digunakan untuk perhitungan volume[9] :

- *Capacity casing 9-5/8''* : 0,248 bbl/m
- *Capacity Drill Pipe 2-7/8''*: 0,0148 bbl/m
- *Capacity Tubing 2-7/8''* :0,0190 bbl/m
- *Capacity Annulus 9-5/8''-2-7/8''* : 0,2225 bbl/m
- *Displacement Volume tubing 2- 7/8''*: 0,0073 bbl/m

Menghitung volume *slurry cement* penting untuk memastikan jumlah yang cukup untuk menutup zona target. Estimasi volume *slurry cement* pada sumur X adalah 9,47 bbl, atau dibulatkan menjadi 9 bbl. Posisi ketinggian *slurry cement* pada kondisi *string-in* dan *string-out* dihitung sebagai berikut:

- TOC *String in* : 37,39 m
- TOC *String out* : 36,29 m

3.2.2. Penentuan Posisi Water Head & Behind

Water head berfungsi sebagai *spacer* untuk mencegah kontaminasi antara *completion fluid* dan *slurry cement*. Volume *spacer* pada annulus adalah 8 bbl pada ketinggian 35,95 m (*string-in*). Kedalaman total air dalam sumur adalah 73,34 m *string-in*.

Untuk memastikan *slurry cement* dan *spacer* mencapai zona target tanpa tercampur dengan *completion fluid* maka digunakan *displacement fluid*. Volume *displacement fluid* dihitung sebagai 11,98 bbl dan disesuaikan dengan *underdisplace* menjadi 10,98 bbl.

3.2.3 Tekanan Hesitation

Setelah pemompaan, dilakukan penekanan untuk penetrasi *slurry cement* ke zona target. Mekanisme adalah dengan melakukan penarikan *string* sebanyak 22 *joint*, dan pembersihan dilakukan dengan metode *reverse circulation*. Perhitungan volume *reverse out* adalah 19,17 bbl. Maximum *squeeze pressure* dihitung sebagai 325,3 psi. Prosedur pemompaan menggunakan *pumping unit* meliputi:

- *Mixing slurry cement*
- Pemompaan *water head* sebagai *spacer*
- Pemompaan *slurry cement* untuk *squeeze cementing*
- Pemompaan *water behind* sejajar dengan *water ahead*
- Pemompaan *displacement fluid* dengan *completion fluid*

- POOH rangkaian *string* di atas TOC
- *Reverse out* rangkaian dengan 2 *string volume*
- Pemompaan *completion fluid* untuk *hesitation*
- *Waiting On Cement* (WOC)

3.2.4 Prosedur Setelah WOC

Pengujian keberhasilan *squeeze cementing* dilakukan melalui uji tekanan sumur dengan prosedur:

- RIH *drill bit* mencari TOC setelah WOC
- TOC didapat, lakukan DOC setiap 10 m dengan UTS
- Mengevaluasi hasil *squeeze cementing*

3.3 Parameter Desain Slurry Cement

3.3.1 Densitas Slurry Cement

Densitas semen diatur pada 15.8 ppg menggunakan Indocement Class G. *Hydrostatic Pressure* dihitung sebesar 1063,7 psi, yang aman karena di bawah *Fracture Pressure* yaitu sebesar 1389 psi.

3.3.2 Viskositas Slurry Cement

Diukur menggunakan Rheometer. Viskositas *slurry cement* diukur pada suhu kamar dan BHCT 190°F, dengan hasil viskositas berkisar antara 111-132 cps dan Yield Point antara 12-13 lb/100 ft².

3.3.3 Cement Properties

Komponen campuran semen seperti dipaparkan pada Tabel 2 dan 3, termasuk berbagai additives seperti dispersant, *fluid loss control*, gas block, defoamer, retarder, dan air segar, dengan total fluid 5,345 gal/sack.

Tabel 2. *Cement Slurry Design*

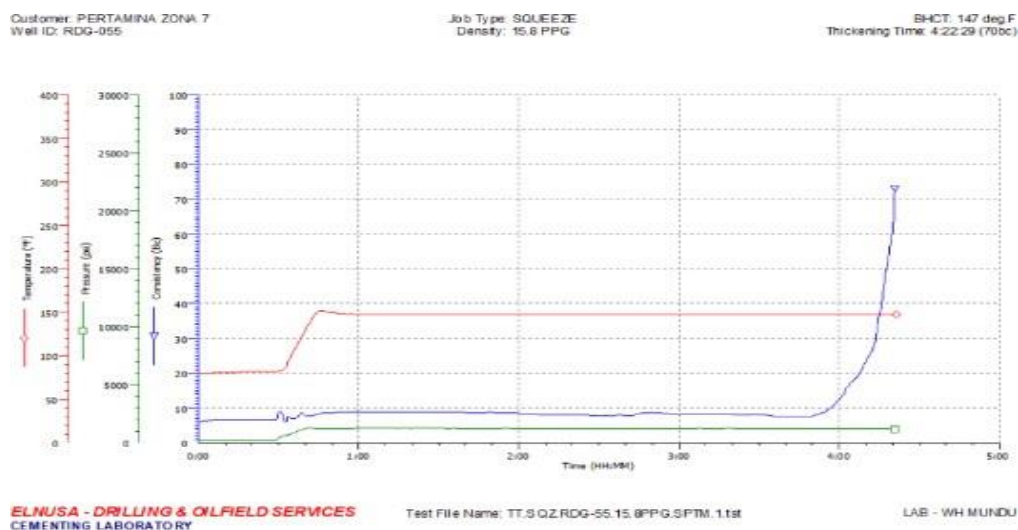
<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Qty</i>	<i>Unit</i>
Cement Class " G "	<i>Cement</i>	75	sack
FR-1L	<i>Dispersant</i>	11,3	gallons
FL-1L	<i>Fluidloss Control Liquid</i>	45	gallons
AMG-1	<i>Gas Block</i>	52,5	gallons
AF-1L	<i>Defoamer</i>	7,5	gallons
R-1L	<i>Retarder</i>	3,75	gallons
<i>Fresh Water</i>	<i>Fresh Water</i>	281,6	gallons
<i>Total Mixing Fluid</i>		400,9	gallons

Tabel 3. *Slurry System*

<i>Density</i>	15.8 ppg
<i>Yield</i>	1,193 cuft/sack
<i>Mixing Water</i>	3,755 gal/sack
<i>Total Fluid</i>	5,345 gal/sack

Analisa keberhasilan program ini di evaluasi melalui serangkaian pengujian laboratorium yang meliputi *thickening time*, besar *fluid loss*, keberadaan *free water*, *compressive strength*, dan *rheology* semen. Hasil uji *thickening time* ditunjukkan pada Gambar 2, dimana pada suhu 147°F, *thickening time* mencapai 70 BC dalam 4 jam 22 menit. Hal ini sudah sesuai dengan standar API. Tabel 4 menunjukkan hasil uji untuk *fluid loss*, dimana volume filtrate sebesar 45 ml dan API *fluid loss* 70 ml/30min/1000psi, yang masih dalam batas API.

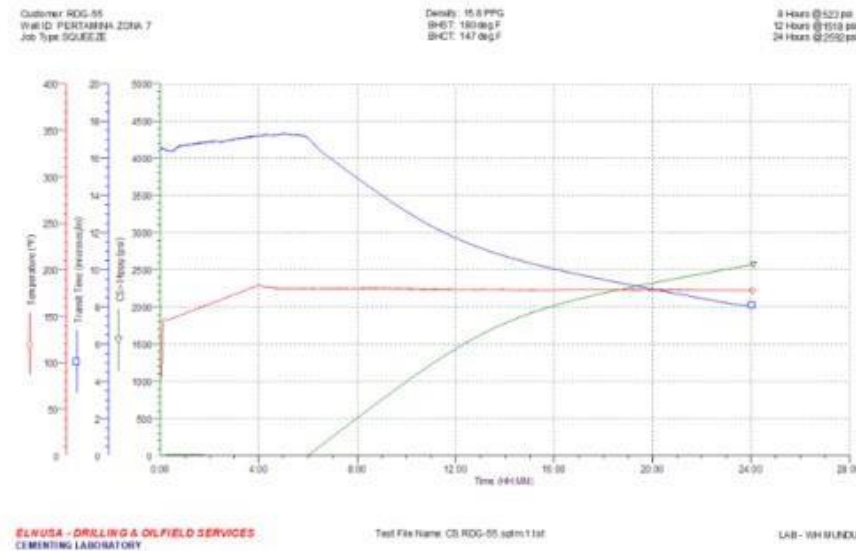
Hasil pengujian terhadap *free water* juga menunjukkan bahwa tidak ada *free water* yang terdeteksi dalam *slurry cement*, dimana menurut standar maksimal sebesar 2,5 ml. Pengujian *compressive strength* ditunjukkan pada Gambar 3 dimana pada suhu 180°F, *compressive strength* mencapai 3295 psi setelah 24 jam, dan hal tersebut sesuai dengan spesifikasi API. Hasil uji *rheology* ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6 dimana analisis rheology menunjukkan bahwa *plastic viscosity* dan *yield point* sesuai untuk kondisi pemompaan di lapangan.



Gambar 2. Hasil Uji *Thickening Time*

Tabel 4. *Fluid Loss Test*

<i>Value</i>	<i>Result</i>	
<i>Liquid Volume</i>	45	ml/30min/1000psi
<i>API Fluid Loss Calculated</i>	70	ml/30min/1000psi



Gambar 3. Hasil *Compressive Strenght Test*

Tabel 5. *Rheology Lab Test*

Rheology, RPM	300	200	100	6	3
@ Room Temp.	123	95	49	7	5
@ 190 deg. F	145	122	57	10	8

Tabel 6. Sampel *Cement Slurry Rheology Ambient & Circulate Temp*

Room	PV	111 cps	YP	12	1b/100 ft2
BHCT	PV	132 cps	YP	13	1b/100 ft2

3.4 Evaluasi Operasi *Squeeze Cementing*

Evaluasi setelah pemompaan *cement slurry* dan periode tunggu semen bertujuan untuk memastikan *cement slurry* berhasil menempati, menyumbat, dan mengisolasi zona yang tidak produktif sesuai rencana. Pada operasi *squeeze* di Sumur X, evaluasi dilakukan melalui uji tekanan sumur (*pressure test*) untuk menilai kondisi semen.

Langkah pertama dalam proses uji tekanan sumur adalah tekanan hidrostatik yang dilakukan dengan tekanan 300-500 psi selama 10 menit. Berikutnya evaluasi dilakukan dengan melihat indikasi pada *Pressure Gauge*. Jika tekanan tetap stabil (*holding*) selama 10 menit, itu menandakan bahwa semen telah berhasil menutup atau mengisolasi zona yang

tidak produktif.

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisa terhadap operasi *squeeze cementing* pada Sumur X di Lapangan Pertamina EP Zona 7 dapat disimpulkan bahwa teknis *squeeze cementing* yang dilakukan telah sesuai dengan program yang disusun sebelumnya. Volume *cement slurry* yang dipompakan sudah mencapai target yang diinginkan dan berhasil menutup zona yang tidak produktif, dibuktikan dengan uji tekanan sumur. Selain itu, sifat-sifat semen (*cement properties*) yang digunakan telah memenuhi standar program *squeeze cementing* dan hasil uji laboratorium. *Cement slurry* yang dipompakan telah berada tepat pada interval yang

diinginkan, seperti yang dibuktikan melalui evaluasi semen menggunakan uji tekanan sumur atau *pressure test cement*. Uji tekanan menunjukkan indikasi *holding* pada *Pressure Gauge* yang menandakan bahwa semen telah berhasil menutup zona yang tidak produktif sesuai target.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, Neal J. 1985. "Drilling Engineering, A Complete Well Planning Approach". Oklahoma: PennWell Books.
- [2] American Petroleum Institute. 1995. "API 10A Specification for Cement and Material for Well Cementing Twenty-Second Edition". Washington DC: API.
- [3] Analisis Squeeze Cementing Pada Sumur Tunu-XX1 Di PT.Pertamina Hulu Mahakam Tunu Field, Muhammad Nashiruddin Alfaluki
- [4] American Petroleum Institute. 1997. "API 10B Recommended Practice for Testing Well Cement Twenty-Second Edition". Washington DC: API.
- [5] Cesar Bardales Alvarad,, "Squeeze Cementing Slideshare",BJ, 2014 Rubiandini, Rudi, RS Dr-ing, "Teknik Operasi Pemboran Volume 1" Institut Teknologi Bandung,2012.
- [6] Cowan, Mike,, "Field Study Result Improve Squeeze Cementing Success , "Production and Operations Symposium Onepetro,2007.
- [7] Dharma, Livia Ailen. "Analisis pekerjaan Squeeze Cementing pada Sumur 1 lapangan V PT.Pertamina Hulu Energi Oses."Skripsi 2020(2020).
- [8] Guo, Boyun, dan Gafei Liu. 2011. "Applied Drilling Circulation System: Hydraulics, calculations and Models". Gulf Professional Publishing.
- [9] Lab Cementing PT. Elnusa TBK Mundu, Karang Ampel Divisi Pumping Pressure Service Cirebon.