

EVALUASI KEGAGALAN *PRIMARY CEMENTING* PADA TRAYEK *CASING LINER 7"* DENGAN ANALISA CBL-VDL SUMUR "AK-12A" LAPANGAN "ADR"

Adriansyah Andra Kusuma^{1*)}, Avianto Kabul Pratiknyo²⁾, Damar Nandiwardhana³⁾, Risky Adhitya⁴⁾

¹⁾Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

* email korespondensi: dnandiwardhana@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Setelah pemboran mencapai target maka dilaksanakan penyemenan primer yang berfungsi untuk mengisolasi zona produktif, sehingga nantinya ketika kegiatan produksi dilakukan tidak timbul masalah seperti adanya koneksi zona dengan zona lainnya, mencegah adanya migrasi dari zona air maupun gas yang ikut terproduksi dan menutup zona *loss circulation*. Sumur "AK-12A" Lapangan "ADR" merupakan sumur pengembangan yang dibor pada tahun 2012. Proses penyemenan primer dilakukan pada interval 8936 ft sampai 9776 ft trayek *casing liner 7 inch*. Dimana penyemenan berfungsi untuk mengisolasi zona formasi. Pekerjaan penyemenan yang buruk dapat mengakibatkan kegagalan untuk mengisolasi zona bisa sangat merugikan dalam keproduktifan sumur. Evaluasi hasil penyemenan dilakukan untuk mendapatkan hasil penyemenan yang memenuhi standar yang dapat menghasilkan *bonding* dan *compressive strength* semen yang tahan terhadap *pressure* dari formasi dan dari dalam *casing*. Pada penyemenan yang tidak baik dapat terjadi *bad to formation*, *channeling/microannulus*, dan *free pipe* yang dapat menyebabkan isolasi *casing* yang buruk. Apabila hasil dari evaluasi menunjukkan kualitas penyemenan yang tidak baik dan terindikasi problem, maka perlu dilihat secara komprehensif apakah perlu dilakukan *squeeze cementing* terutama pada zona produktif pada kedalaman 9700 ft sampai 9754 ft, sehingga kegiatan produksi dapat dilakukan. Metode yang digunakan penulis dalam mengevaluasi hasil penyemenan pada *Liner 7"* dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari hasil pembacaan peralatan logging *Cement Bond Log* (CBL) dan *Variable Density Log* (VDL). Analisa tersebut dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif meliputi perhitungan untuk menentukan nilai dari *compressive strength*, *bond index*, dan *good bond cut off*. Sementara analisa kualitatif meliputi pembacaan kurva *Transite Time*, amplitudo serta gelombang sinyal VDL. Dari hasil analisa tersebut kemudian juga dilakukan evaluasi desain bubuk semen dan tahapan operasional penyemenan. Berdasarkan hasil evaluasi penyemenan pada Sumur "AK-12A" Lapangan "ADR" trayek *casing liner 7"* dengan analisa kurva CBL-VDL diperoleh sebesar 76,60% *Compressive Strength* yang buruk. Sedangkan untuk *Bond Index* buruk sebesar 80,85%. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan kualitas penyemenan adalah buruk yang berindikasi *channeling/mircroannulus*, *bad to formation*, dan *free pipe*. Menjadi patokan bahwa pada interval kedalaman zona prospek pada 9700 ft sampai dengan 9754 ft memiliki hasil penyemenan *bad to formation*. Faktor lain yang mempengaruhi kualitas dari penyemenan yaitu ketepatan dalam perhitungan bubuk semen baik aditif, total fluida dan total sak semen, pola aliran bubuk semen, serta desain *thickening time* yang kurang optimal. Sehingga, disarankan pada operasi selanjutnya untuk dilakukan *remedial cementing*.

Kata Kunci: *bond index*; CBL; *compressive strength*; *primary cementing*; VDL

ABSTRACT

After drilling reaches the target, primary cementing is carried out which serves to isolate the productive zone, so that later when production activities are carried out there are no problems such as zone connections with other zones, preventing migration from the water and gas zones that are also produced and closing the loss circulation zone. The "AK-12A" Well The "ADR" field is a development well drilled in 2012. The primary cementing process was performed at intervals of 8936 ft to 9776 ft 7" liner casing. Where cementing serves to isolate the formation zone. Poor cementing work can result in failure to isolate zones can be very detrimental in the productivity of the well. Evaluation of cementing results is carried out to obtain cementing results that meet standards that can produce bonding and compressive strength cement that is resistant to pressure from the formation and from inside the casing. In bad cementing there can be bad to formation, channeling/microannulus, and free pipe which can cause poor casing insulation. If the results of the evaluation show poor cementing quality and indicated problems, it is necessary to look comprehensively at whether it is necessary to do squeeze cementing, especially in productive zones at depths of 9700 ft to 9754 ft, so that production activities can be carried out. The method used by the authors in evaluating the cementing results on the 7" Liner was carried out using a combination of the readings of the Cement Bond Log (CBL) and Variable Density Log (VDL) logging equipment. The analysis is carried out quantitatively and qualitatively. Quantitative analysis includes calculations to determine the value of compressive strength, bond index, and good bond cut off. While the qualitative analysis includes readings of the Transit Time curve, amplitude and VDL signal waves.

From the results of the analysis, an evaluation of the cement slurry design and the operational stages of cementing were also carried out. Based on the results of the cementing evaluation on the "AK-12A" Field Well "ADR" 7" liner casing route with CBL-VDL curve analysis, a poor 76.60% Compressive Strength was obtained. As for the Bond Index, it was bad at 80.85%. Based on these results, it can be concluded that the quality of cementing is poor which indicates channeling / microannulus, bad to formation, and free pipe. It is a benchmark that at intervals the depth of the lead zone at 9700 ft to 9754 ft has bad to formation cementing results. Other factors that affect the quality of cementing are accuracy in the calculation of cement slurry, both additives, total fluid and total cement sack, cement slurry flow patterns, and suboptimal thickening time design. Thus, it is recommended in the next operation to do remedial cementing.

Keywords: bond index; CBL; compressive strength; primary cementing; VDL

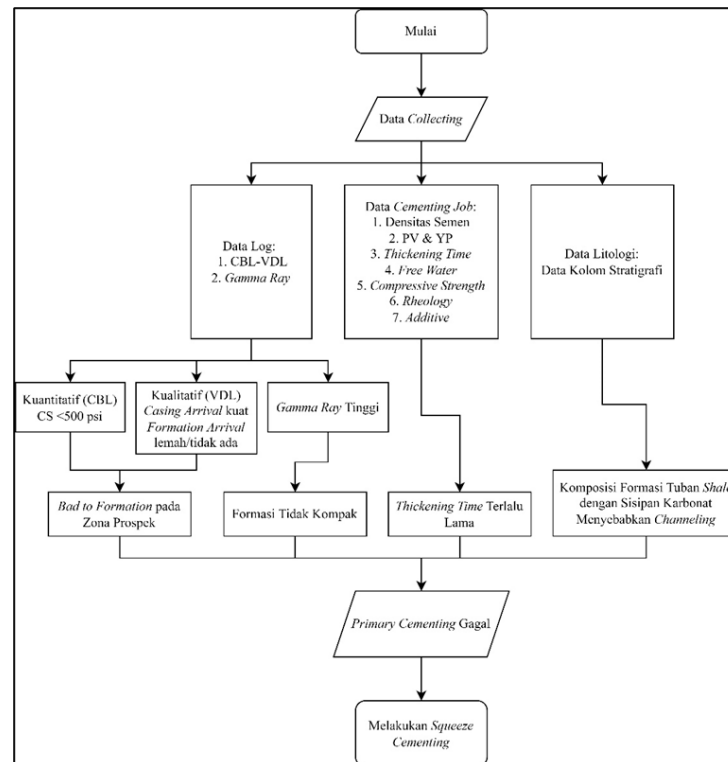
I. LATARBELAKANG

Evaluasi proses penyemenan primer merupakan hal yang penting dilakukan pada dunia industri minyak dan gas. Sumur "AK-12A" lapangan "ADR" merupakan sumur pengembangan yang berada pada cekungan Jawa Timur Utara. Interval yang dilakukan dievaluasi yaitu pada kedalaman 8936 ft sampai 9776 ft. Fungsi penyemenan pada zona produksi yaitu untuk mencegah aliran antar formasi atau fluida formasi yang tidak diinginkan, mengisolasi zona produktif dan juga mencegah terjadinya korosi pada casing. Mengingat fungsi semen sangat penting dalam kelanjutan proses produksi hidrokarbon, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap penyemenan primer agar nantinya pada saat produksi tidak mengalami permasalahan, seperti kebocoran karena adanya *partial cement* sehingga casing tidak terlindungi dari fluida korosif atau pun adanya kontak antar lapisan akibat tidak terciptanya isolation zone yang baik dari semen.

Evaluasi hasil penyemenan primer pada sumur "AK-12A" lapangan "ADR" dilakukan untuk mendapatkan hasil penyemenan yang memenuhi standar. Hasil penyemenan yang memenuhi standar harus dapat menghasilkan *bonding* dan *compressive strength* semen yang tahan terhadap *pressure* dari formasi dan dari dalam casing saat pemboran sedang berlangsung. Jika semen memiliki kualitas yang buruk, perlu adanya rekomendasi untuk dilakukan *remedial cementing* agar casing dapat terisolasi dari pengaruh formasi yang dapat merusak casing.

II. METODE

Metode yang digunakan penulis dalam menganalisa dan mengevaluasi hasil penyemenan pada *Liner 7"* dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari hasil pembacaan peralatan logging *Cement Bond Log (CBL)* dan *Variety Density Log (VDL)*. Analisa tersebut dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif meliputi perhitungan untuk menentukan nilai dari *compressive strength*, *bond index*, dan *good bond cut off*. Sementara analisa kualitatif meliputi pembacaan kurva *Transite Time*, amplitudo serta gelombang sinyal VDL. Dari hasil analisa tersebut kemudian juga dilakukan evaluasi disain bubuk semen dan tahapan operasional penyemenan.



Gambar 1.1. Diagram Alir Evaluasi Hasil Penyemenan *Casing Liner 7* Sumur “AK-12A” Lapangan “ADR”

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyemenan primer suatu lubang sumur merupakan suatu hal yang sangat mutlak untuk dilakukan. Oleh karena itu pentingnya fungsi semen pada suatu sumur maka perlu adanya analisa hasil penyemenan primer. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari peralatan *Cement Bond Log* (CBL) dengan *Variable Density Log* (VDL). Hasil interpretasi dari CBL-VDL akan dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Dari analisis tersebut akan diputuskan perlu atau tidaknya mengambil tindakan untuk dilakukannya *remedial cementing*. Analisa baik-buruknya ikatan semen pada umumnya hanya didasarkan pada pembacaan amplitudo CBL saja, akan tetapi hal ini kurang lengkap. Untuk itu dalam analisa *primary cementing* juga dilakukan analisa terhadap penentuan *compressive strength* semen dan *bond index*-nya serta analisa desain semen dan operasional.

Faktor yang mempengaruhi kualitas penyemenan buruk pada sumur ini adalah kurang tepatnya pola aliran bubuk semen dan desain *thickening time* yang terlalu lama. Kurang tepatnya pola aliran bubuk semen dikarenakan *rate* pompa yang terlalu kecil untuk bubuk semennya. Desain *thickening time* tidak boleh terlalu cepat dan tidak boleh terlalu lama. Apabila desain *thickening time* terlalu cepat bisa menyebabkan semen mengeras sebelum bubuk semen mengisi *annulus*, tetapi apabila desain *thickening time* terlalu lama dapat menyebabkan air filtrat masuk kedalam formasi sehingga menyebabkan kualitas semen menjadi buruk. Sumur AK-12A lapangan ADR memiliki kedalaman pemboran 3033 mMD yang terletak pada formasi Tuban.

3.1. Analisa Kuantitatif Hasil Penyemenan Primer

Analisis ini bertujuan untuk menentukan besarnya harga *compressive strength* dan *bond index*. Dari hasil penentuan besarnya *Compressive Strength* dan *Bond Index* tersebut kemudian dapat dikategorikan apakah kualitas dari hasil penyemenan tersebut baik atau buruk.

3.1.1. Penentuan *Good Bond Cut Off*

Penentuan *good bond cut off* adalah sebuah tahap yang diperlukan untuk dapat mengategorikan baik atau buruknya kualitas dari hasil penyemenan. Dalam hal ini besarnya *good bond cut off* adalah 500 psi sebagaimana yang telah dijelaskan pada buku “*Cementing*” karangan **Dwight K. Smith**. Menurut Dwight K. Smith *compressive strength* minimum yang dimiliki oleh semen yang memadai adalah sebesar 500 psi.

Untuk mendapatkan harga *Compressive Strength* 500 psi, maksimum defleksi dari grafik hasil perekaman logging CBL yaitu sebesar 8 mV. Apabila hasil perekaman dengan CBL menunjukkan lebih dari 8 mV, kualitas semen tersebut dikategorikan buruk. *Compressive strength* semen tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut:

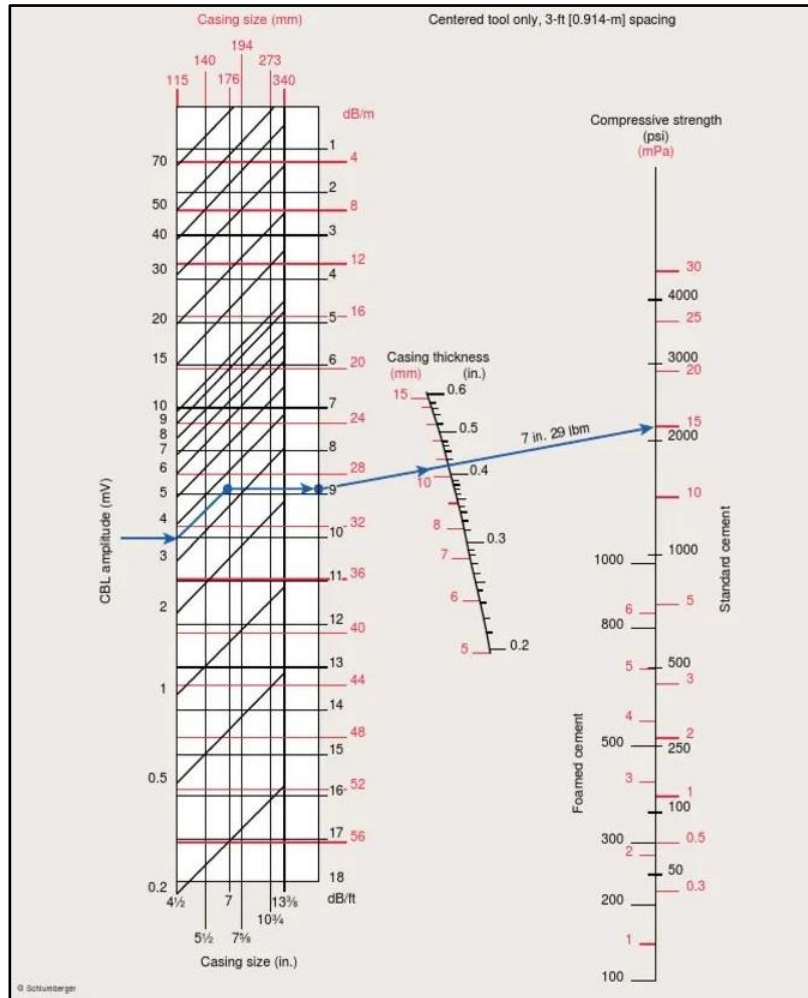
- *Compressive strength* ≥ 500 psi & ≤ 12 mV = kualitas kekuatan semen baik
- *Compressive strength* < 500 psi & ≥ 12 mV = kualitas kekuatan semen buruk

3.1.2. Penentuan *Compressive Strength*

Salah satu parameter yang perlu dilakukan analisa dari *chart* CBL adalah *Compressive Strength*. Untuk menentukan besarnya *Compressive Strength* pada tiap kedalaman dapat dilihat pada langkah-langkah yang digambarkan pada gambar dibawah ini. Berikut tahapan-tahapan dalam menentukan *Compressive Strength* semen:

- Sebagai contoh kedalaman 9840 ft dari kurva CBL diperoleh harga amplitude sebesar 9 mV. Memasukkan harga 9 mV pada *CBL Interpretation Chart*, kemudian dipotongkan pada OD casing 7” lalu tarik tekanan sehingga didapatkan harga attenuasi sebesar 6,2 db/ft.
- Harga *Compressive Strength* yang didapatkan dengan meneruskan harga attenuasi 6,2 db/ft ke kanan memotong tebal casing sebesar 0,362 inch untuk casing 7 inch dengan pounder 26 ppf, lalu ditarik garis ke arah kanan hingga memotong garis *Compressive Strength*. Maka harga *Compressive Strength* pada kedalaman 9840 ft adalah 500 psi.

Untuk lebih jelas ada pada **Gambar 3.1.** yang sudah ditandai dengan garis merah:



Gambar 3.1. Langkah Penentuan *Compressive Strength* untuk *Casing Liner 7"* dengan *Pounder 26* ppf.

3.1.3. Penentuan Harga *Bond Index* dan *Good Bond Cut Off Bond Index*

Bond index adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui daya ikat semen. *Bond index* juga merupakan hasil interpretasi dari analisa kuantitatif pada grafik CBL. Untuk mendapatkan besarnya harga *bond index* pada setiap kedalaman, perlu membandingkan antara attenuasi pada kedalaman tertentu dengan attenuasi zona tersemen 100%.

- Pada *Compressive Strength* harga 500 psi diperoleh harga attenuasi sebesar 6,2 db/ft, sedangkan zona tersemen 100% attenuasi sebesar 12,4 db/ft.

Harga *bond index* didapatkan dari rumus:

$$BI = \frac{6,2 \text{ db/ft}}{12,4 \text{ db/ft}} \dots\dots\dots (1)$$

$$BI = 0,5 \text{ db/ft} \dots\dots\dots (2)$$

- Pada buku “*Cement Bond Evaluation Guide*”, yang digunakan *Chevron Petroleum Technology Company*, Besarnya *bond index* yang diperukan untuk memberikan kualitas ikatan semen yang baik adalah 0,8, sehingga *bond index* tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut:

- *Bond index* ≥ 0,8 = kualitas ikatan semen baik
- *Bond index* < 0,8 = kualitas ikatan semen buruk

Namun, dalam kasus ini, di lapangan menggunakan hasil BI kedalaman dengan CS 500 psi sebagai batas minimalnya, yaitu 0,50 db/ft.

Tabel III-1
Hasil Analisa *Compressive Strength* dan *Bond Index*

No	Kedalaman	Amplitude	Attenuasi	CS	Analisa CS	Bond Index	Analisa BI
	(ft)	(mV)	(dB/ft)	(psi)			
1	9400	3	9.3	1700	Good	0.75	Good
2	9410	3	9.3	1700	Good	0.75	Good
3	9420	5	7.8	900	Good	0.63	Good
4	9430	63	0.5	0	Bad	0.04	Bad
5	9440	52	1	0	Bad	0.08	Bad
6	9450	55	0.9	0	Bad	0.07	Bad
7	9460	40	1.8	0	Bad	0.15	Bad
8	9470	59	0.65	0	Bad	0.05	Bad
9	9480	55	0.9	0	Bad	0.07	Bad
10	9490	51	1	0	Bad	0.08	Bad
11	9500	41	1.7	0	Bad	0.14	Bad
12	9510	52	1	0	Bad	0.08	Bad
13	9520	51	1	0	Bad	0.08	Bad
14	9530	47	1.4	0	Bad	0.11	Bad
15	9540	55	0.9	0	Bad	0.07	Bad
16	9550	49	1.2	0	Bad	0.10	Bad
17	9560	44	1.5	10	Bad	0.12	Bad
18	9570	41	1.7	0	Bad	0.14	Bad
19	9580	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad
20	9590	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad
21	9600	37	2	20	Bad	0.16	Bad
22	9610	36	2.1	23	Bad	0.17	Bad
23	9620	40	1.8	0	Bad	0.15	Bad
24	9630	45	1.4	2	Bad	0.11	Bad
25	9640	44	1.5	10	Bad	0.12	Bad
26	9650	36	2.2	20	Bad	0.18	Bad
27	9660	31	2.5	30	Bad	0.20	Bad
28	9670	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad
29	9680	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad
30	9690	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad

**Tabel III-1
(Lanjutan)**

Hasil Analisa *Compressive Strength* dan *Bond Index*

No	Kedalaman	Amplitude	Attenuasi	CS	Analisa	Bond	Analisa
	(ft)	(mV)	(dB/ft)	(psi)	CS	Index	BI
31	9700	35	2.3	25	Bad	0.19	Bad
32	9710	29	2.85	48	Bad	0.23	Bad
33	9720	30	2.7	40	Bad	0.22	Bad
34	9730	23	3.4	78	Bad	0.27	Bad
35	9740	26	3.25	65	Bad	0.26	Bad
36	9750	18	4.1	125	Bad	0.33	Bad
37	9760	18	4.1	125	Bad	0.33	Bad
38	9770	24	3.2	65	Bad	0.26	Bad
39	9780	11	5.65	350	Bad	0.46	Bad
40	9790	6	7.2	800	Good	0.58	Good
41	9800	7	6.9	700	Good	0.56	Good
42	9810	6	7.2	800	Good	0.58	Good
43	9820	5	7.8	900	Good	0.63	Good
44	9830	13	5.1	255	Bad	0.41	Bad
45	9840	9	6.2	500	Good	0.50	Good
46	9850	10	5.9	355	Bad	0.48	Bad
47	9860	12	5.3	260	Bad	0.43	Bad
48	9870	1	12.4	4400	Good	1.00	Good

Sehingga diperoleh hasil rata-rata *Compressive Strength* sebesar 311,23 psi untuk hasil penyemenan pada *Casing Liner 7"* Sumur "AK-12A". Perhitungan CS dan BI diambil dengan interval kedalaman per 10 ft sehingga memudahkan proses evaluasi. Kedalaman prospek terdapat pada interval kedalaman 9700 ft sampai dengan 9754 ft dengan rata-rata *Compressive Strength* sebesar 63.5 psi dan rata-rata BI pada interval kedalaman zona prospek sebesar 0.25. Berdasarkan hasil rata-rata CS dan BI dapat dikatakan bahwa pada interval kedalaman zona prospek tergolong buruk, karena untuk CS di bawah 500 psi dan juga di bawah batas sedang, yaitu 300 psi. Untuk BI juga tergolong buruk, dikarenakan hasil rata-rata BI berada di bawah 0,5.

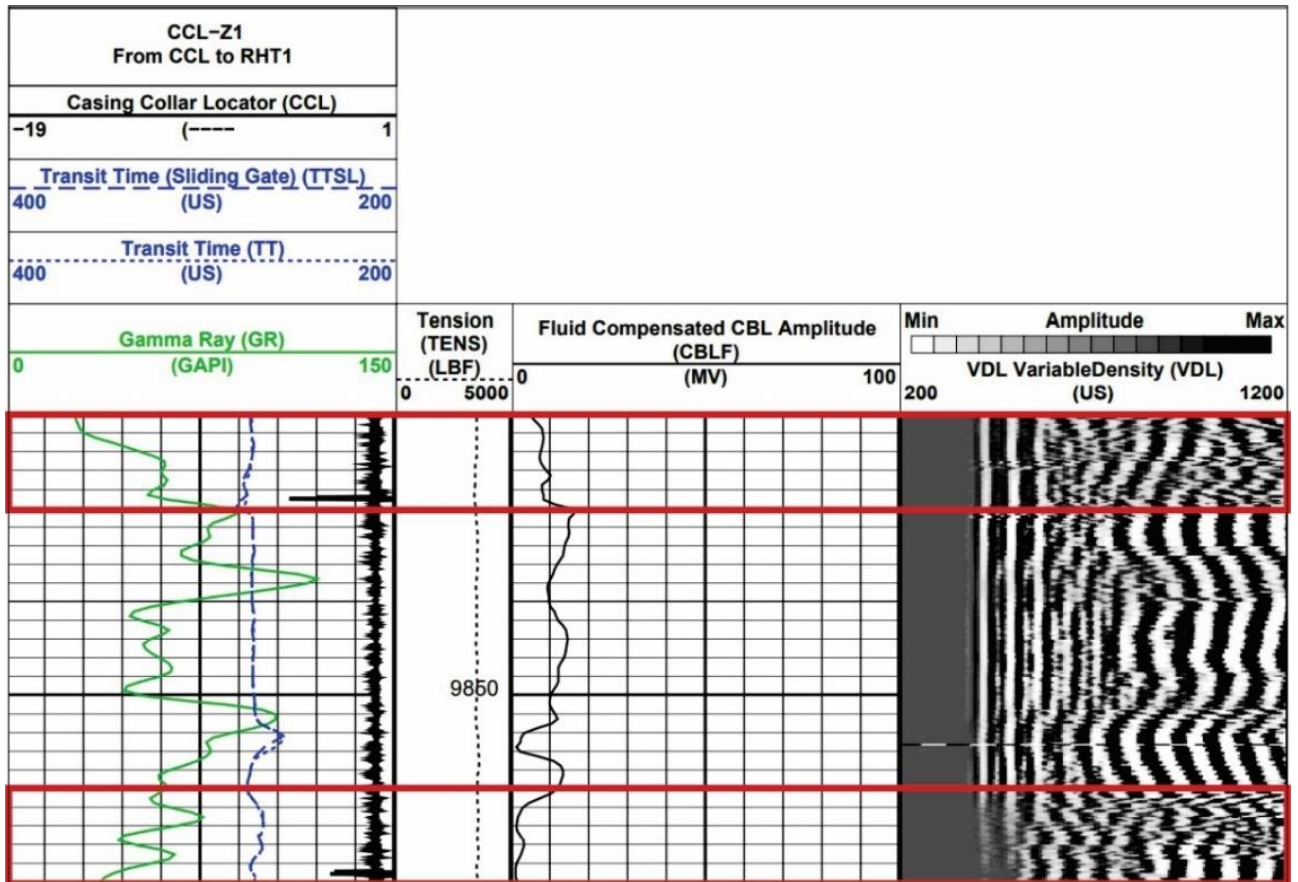
3.2. Analisa Kualitatif Hasil Penyemenan Primer

Selain analisa kuantitatif penyemenan dapat dianalisa secara kualitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan menganalisa rekaman VDL (*variable density log*) yang dikorelasikan dengan pembacaan CBL (*cement bond log*). CBL dan VDL akan menghasilkan rekaman yang dapat mengetahui mengetahui kualitas penyemenan. Berikut analisa kualitatif pada sumur "AK-12A" lapangan "ADR":

1. Interval kedalaman dari 9820 ft, 9830 ft, 9860 ft, dan 9870 ft (indikasi *good bond*).

Penampakan dari gelombang amplitude pada kedalaman ini tergolong rendah dan dari perekaman VDL *casing arrival* terekam ada, namun pada kasus ini lemah, sedangkan *formation arrival* tampak kuat. Dari indikasi-indikasi tersebut dapat dikatakan interval kedalaman ini memiliki kualitas semen yang baik (*good bond*). Kedalaman dengan penyemenan baik terbaca pada interval kedalaman 9820

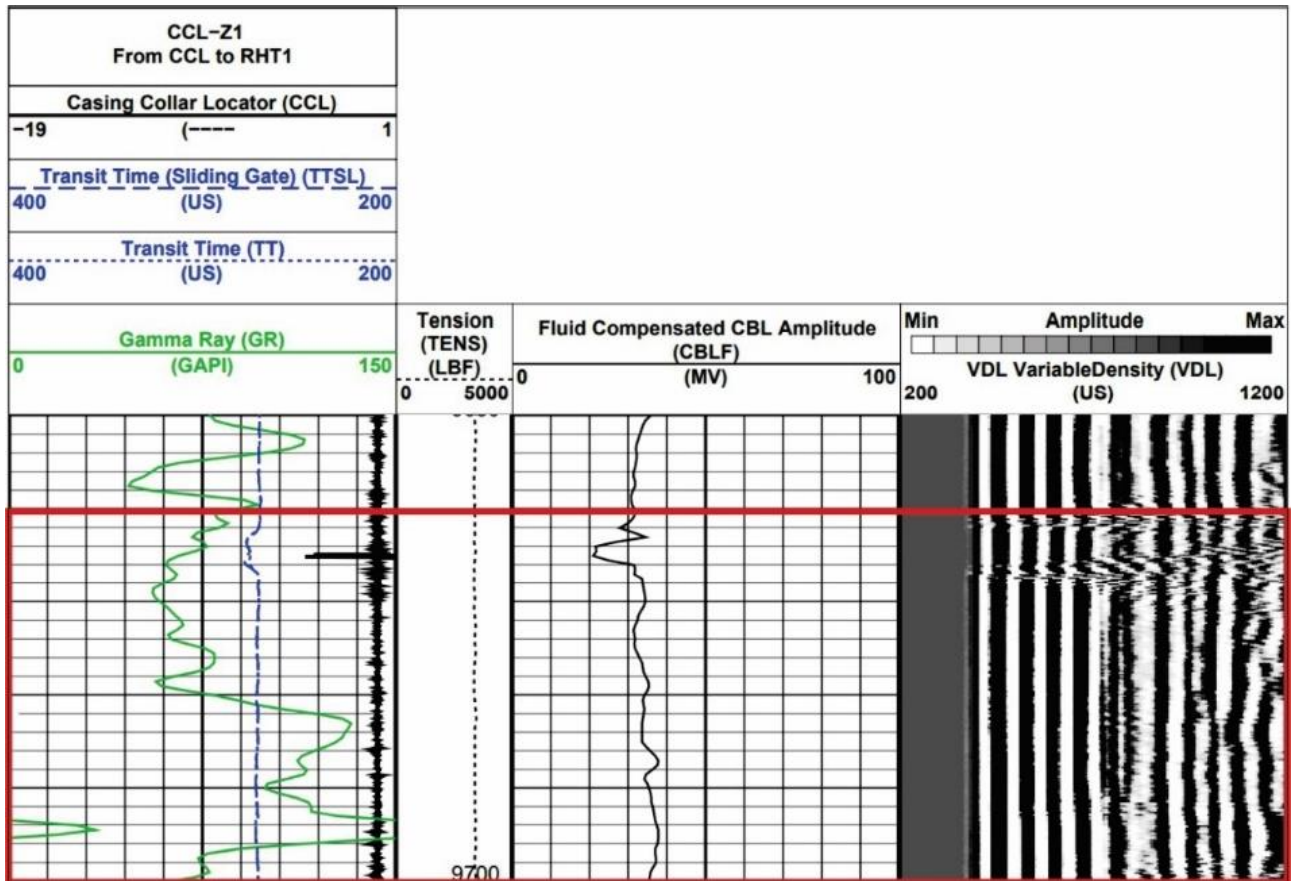
ft sampai 9830 ft dan pada interval kedalaman 9860 ft sampai 9870 ft, sehingga bersifat homogen dan memudahkan untuk dilakukan pembacaan dan penyimpulan. Untuk lebih jelas ada pada **Gambar 3.2.** dibawah:



Gambar 3.2. Indikasi *Good Bond* di Kedalaman 9820 ft – 9830 ft dan 9860 ft – 9870 ft dari Hasil Perekaman CBL-VDL pada Sumur “AK-12A”

2. Interval kedalaman dari 9510 ft, 9520 ft, 9550 ft, 9560 ft, 9590 ft, 9600 ft, 9610 ft, 9620 ft, 9660 ft, 9670 ft, 9680 ft, 9690 ft, 9700 ft, 9720 ft, 9730 ft, 9740 ft, dan 9800 ft (indikasi *bad to formation*).

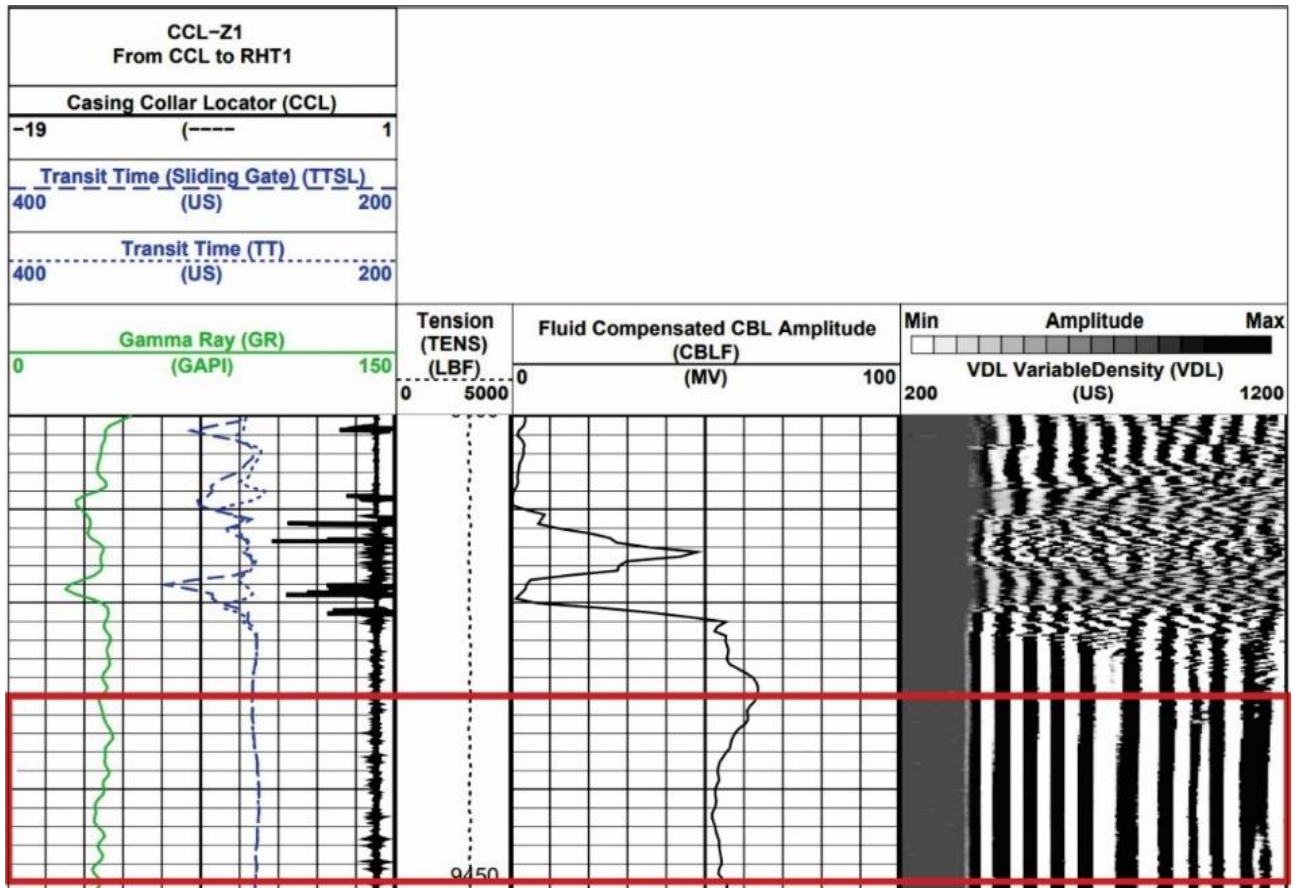
Pada interval kedalaman di atas, dengan referensi pada **Gambar 3.15.**, penampakan dari hasil rekaman VDL terbaca bahwa *casing arrival* dan *formation arrival* terekam lemah. Dari indikasi-indikasi tersebut menunjukkan bahwa ikatan semen dengan *casing* baik namun buruk dengan formasi (*bad to formation*). Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya *mud cake* yang tidak terbersihkan dengan sempurna karena batuan yang porous sehingga menyebabkan *mud cake* yang tebal. Sehingga terbagi secara merata maka bersifat heterogen dan menyebabkan kesulitan pada proses pembacaan dan penyimpulannya. Untuk lebih jelas pada **Gambar 3.3.** dibawah:



Gambar 3.3. Indikasi *Bad to Formation* di Kedalaman 9660 ft – 9700 ft dari Hasil Perekaman CBL-VDL pada Sumur “AK-12A”

3. Interval kedalaman 9430 ft, 9440 ft, 9450 ft, 9470 ft, 9480 ft, 9490 ft, 9640 ft, dan 9650 ft (indikasi *free pipe*).

Penampakan dari gelombang amplitude yang tinggi di beberapa kedalaman mendekati nilai 50 mV bahkan lebih. Kemudian dianalisa dari VDL *casing arrival* sangat kuat dan *formation arrival* tidak terekam, sehingga membentuk garis lurus. Pada kedalaman tersebut mengindikasikan *free pipe*. Sehingga interval kedalaman untuk kedalaman dengan *free pipe* tersebar, sehingga bersifat heterogen dan menyebabkan kesulitan pada pembacaan dan penyimpulannya. Untuk lebih jelas ada pada **Gambar 3.4.** dibawah:

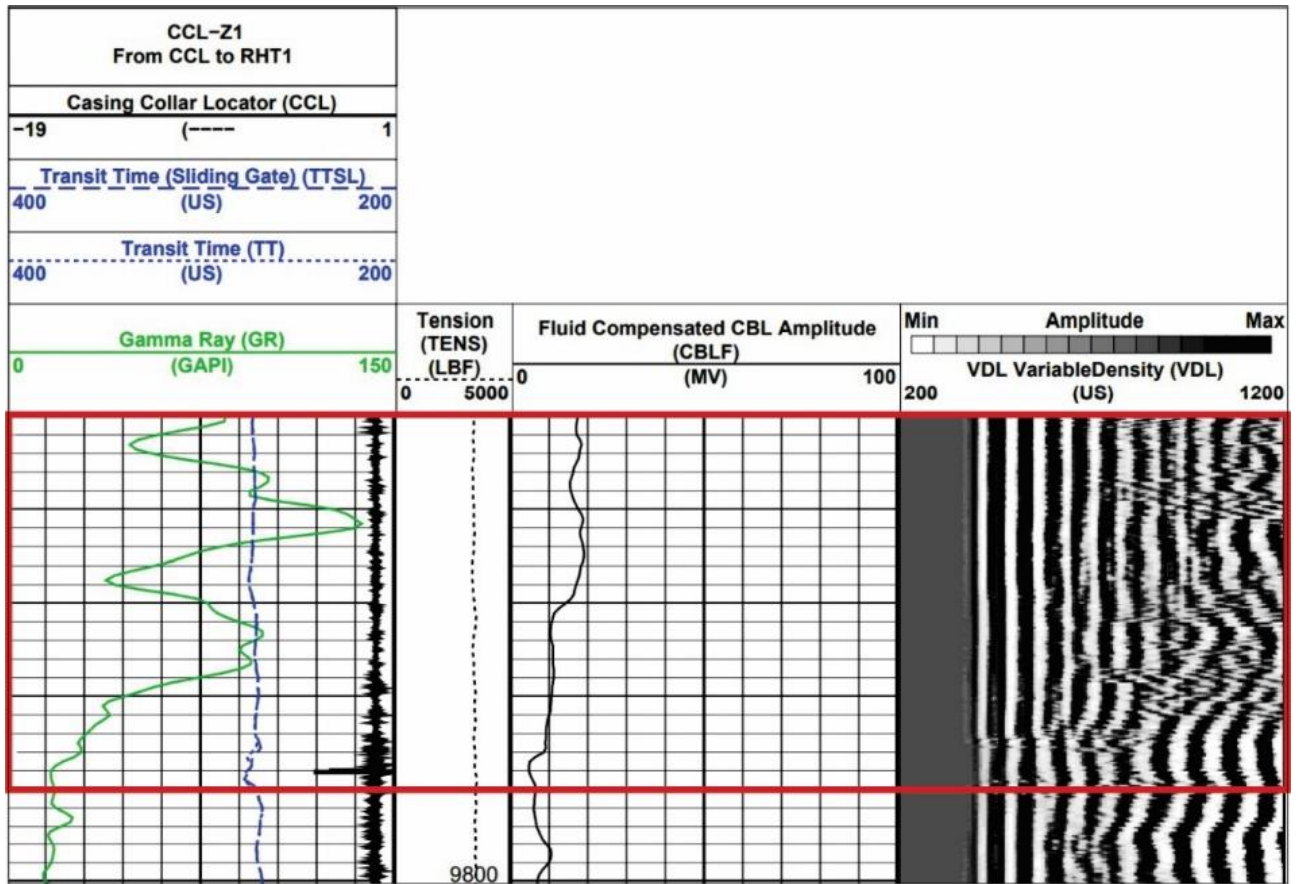


Gambar 3.4. Indikasi *Free Pipe* di Kedalaman 9430 ft – 9450 ft dari Hasil Perekaman CBL-VDL pada Sumur “AK-12A”

4. Interval kedalaman 9410 ft, 9420 ft, 9460 ft, 9500 ft, 9530 ft, 9540 ft, 9570 ft, 9580 ft, 9630 ft, 9710 ft, 9750 ft, 9760 ft, 9770 ft, 9780 ft, 9790 ft, 9810 ft, 9840 ft, dan 9850 ft (indikasi *microannulus/channeling*).

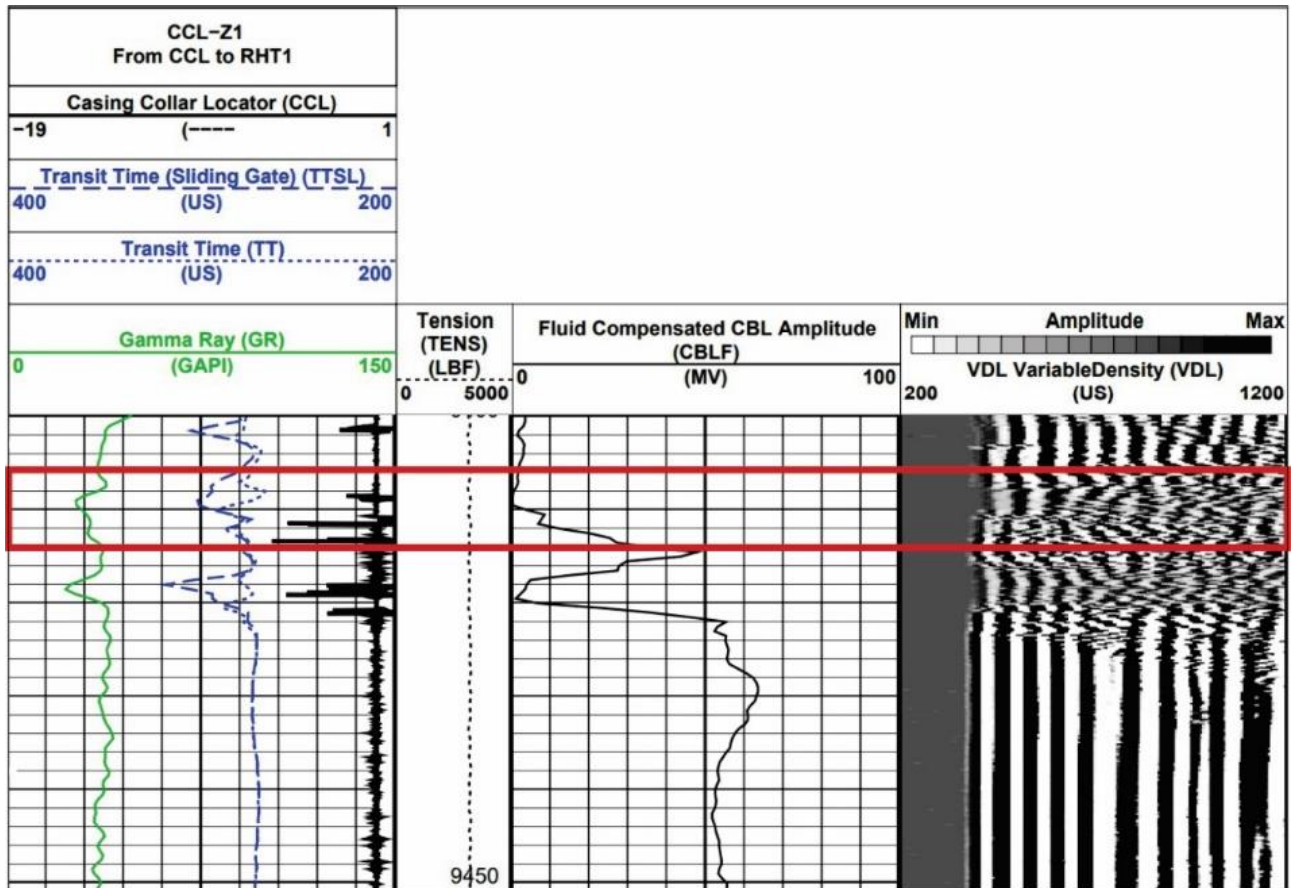
Pada interval kedalaman ini menjelaskan terjadinya indikasi *microannulus/channeling*. Hampir seluruh tiap kedalaman terdapat adanya *microannulus/channeling*, kecuali pada interval kedalaman yang disebutkan pada point-point pada interval kedalaman dengan indikasi yang dijelaskan sebelumnya. Pada interval kedalaman ini amplitudo memiliki harga yang rendah hingga tinggi. Penampakan VDL terekam bergelombang, yaitu karena untuk *casing arrival* dan *formation arrival* terekam secara rata (sama kuat). Dari indikasi-indikasi ini cenderung terjadinya *microannulus/channeling*. Sehingga interval kedalaman untuk kedalaman yang ikatan semennya terjadi *microannulus/channeling* terbagi secara merata dan tidak dapat dikelompokkan, sehingga bersifat heterogen sehingga menyebabkan kesulitan pada pembacaan dan penyimpulannya.

Apabila ingin memastikan terjadi salah satu diantara *microannulus* atau *channeling* perlu dilakukan perekaman CBL-VDL ulang dengan sebelumnya menambahkan tekanan 500 - 1000 psi. Apabila dari hasil rekaman ulang dengan ditambahkan tekanan 1000 psi, harga amplitudo menjadi rendah dari sebelumnya, dan perekaman dari VDL terlihat seperti *good bond*, maka semen tersebut terjadi *microannulus* sehingga tidak perlu dilakukan *remedial cementing*. Namun apabila yang terjadi sebaliknya, kemungkinan besar yang terjadi pada hasil penyemenan adalah *channeling*. Apabila hal ini terjadi maka perlu dilakukan *remedial cementing*. Untuk lebih jelas ada pada **Gambar 4.5.**:



Gambar 3.5. Indikasi *Microannulus/Channeling* di Kedalaman 9750 ft – 9790 ft dari Hasil Perekaman CBL-VDL pada Sumur “AK-12A”

5. Terdapat beberapa interval kedalaman yang memiliki nilai amplitudo CBL yang rendah namun dengan hasil pembacaan VDL yang kurang baik. Ketidak selarasan antara CBL dan VDL ini umum terjadi, apabila pembacaan CBL memiliki nilai yang cenderung rendah namun pembacaan VDL terekam *casing arrival* dan *formation arrival* yang sama-sama terbaca kuat, maka dapat dikatakan bahwa pada contoh kedalaman 9410 ft terbaca nilai amplitudo sebesar 3 mV yang termasuk rendah, namun pada pembacaan VDL terekam bahwa *casing arrival* dan *formation arrival* sama-sama terbaca secara kuat. Maka dapat disimpulkan bahwa terjadi *channeling*, karena walaupun nilai CBL rendah, namun VDL tidak mengindikasikan *good bond*. Untuk lebih jelas ada pada **Gambar 3.6.:**



Gambar 3.6. Kedalaman dengan Pembacaan CBL yang Bertolak Belakang dengan VDL pada Kedalaman 9410 ft Sumur “AK-12A”

3.2.1. Analisa Kuantitatif Dalam Presentase

- Presentase keberhasilan berdasarkan *Compressive Strength*:
 - Panjang Zona *Interest* : 470 ft (9400 ft–9870 ft)
 - Panjang Zona Tersemen Baik (CS>500psi) : 90 ft
 - Panjang Zona Tersemen Sedang (300<CS<500psi) : 20 ft
 - Panjang Zona Tersemen Buruk (CS<300psi) : 360 ft
 - Kolom Semen Baik : $\frac{90}{470} \times 100 \% = 19 \%$
 - Kolom Semen Sedang : $\frac{20}{470} \times 100 \% = 4 \%$
 - Kolom Semen Buruk : $\frac{360}{470} \times 100 \% = 77 \%$
- Presentase keberhasilan berdasarkan *Bond Index*:
 - Panjang Zona *Interest* : 470 ft
 - Panjang Zona Tersemen Baik (BI>0,5) : 90 ft
 - Panjang Zona Tersemen Buruk (BI<0,5) : 380 ft
 - Kolom Semen Baik : $\frac{90}{470} \times 100 \% = 19 \%$
 - Kolom Semen Buruk : $\frac{380}{470} \times 100 \% = 81 \%$

3.2.2. Analisa Kualitatif Dalam Presentase

- Presentase berdasarkan *Good Bond*:
 - Panjang Zona *Interest* : 470 ft

Panjang Zona <i>Good Bond</i>	: 20 ft
Kolom Semen <i>Good Bond</i>	: $\frac{40}{470} \times 100 \% = 4 \%$
-Presentase berdasarkan <i>Bad to Formation, Channeling/Microannulus, dan Free Pipe</i> :	
Panjang Zona <i>Interest</i>	: 470 ft
Panjang Zona buruk	: 450 ft
Kolom Semen buruk	: $\frac{430}{470} \times 100 \% = 96 \%$

3.3. Pelaksanaan Penyemenan Primer

3.3.1. Data Sumur “AK-12A” Lapangan “ADR”

Data Sumur

Lokasi	: Bojonegoro
Nama Sumur	: AK-12A
Metode Penyemenan	: <i>Single Stage Cementing</i>
Kedalaman	: 3033 m (9950 ft)
ID <i>open hole</i>	: 8,75 in
BHST	: 230 °F

Data Drill Pipe & Casing

<i>Existing Casing OD</i>	: 7”
<i>Jenis Casing 7”</i>	: L-80 26 ppf, BTC - R3
<i>Previous Casing</i>	: 9 5/8”
<i>Jenis Casing 9 5/8”</i>	: L-80 47 ppf, BTC - R3
<i>Top of Tail</i>	: <i>Top of Liner</i>
<i>Float Collar</i>	: 2944 m (9658 ft)
<i>Float Shoe</i>	: 2980 m (9776 ft)

Data Semen

Densitas semen	: 10,5 ppg
<i>Single Slurry</i>	: <i>Tail Slurry</i>

Data Pompa Semen

Q rate Pompa	: 3 BPM
--------------	---------

3.3.2. Evaluasi Pelaksanaan dan Perhitungan Penyemenan Primer Sumur “AK-12A” Lapangan “ADR”

Analisa pelaksanaan penyemenan primer ini dilakukan dengan menganalisa desain dari perencanaan komposisi bubuk semen dari analisa laboratorium. Selain analisa desain bubuk semen, analisa juga dilakukan pada bagian operasional saat melakukan eksekusi penempatan bubuk semen ke dalam annulus. Analisa desain bubuk semen untuk mengetahui apakah desain bubuk semen sudah sesuai standar API atau tidak. Analisa operasional meliputi dari perhitungan volume bubuk semen, jumlah sak semen, volume aditif, volume *displacement*, dan *thickening time*.

3.3.2.1. Hasil Tes Laboratorium Bubuk Semen

Analisa desain bubuk semen dilakukan dengan membandingkan antara sifat-sifat fisik bubuk semen yang telah dilakukan tes laboratorium dengan standar ketentuan API. Hal ini dilakukan dengan

tujuan agar kualitas semen yang dapat optimal dan tidak terjadi hambatan saat proses penyemenan berlangsung.

Berikut ini tabel perbandingan antara properties semen hasil analisa laboratorium dengan standar ketentuan API:

Tabel III-2
Standar API Sifat Fisik Semen

Standar API				
Densitas	Fluid Loss	Free Water	Thickening Time	Compressive Strength
ppg	ml/30min	ml	hours	psi
Lower: 10.5-15.6	<200 ml	Max: 3.5 ml	Max: 100 bc	Min: >1000
Greater: 15.6-22				

Analisa bahwa dari keseluruhan hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa bubuk semen sudah sesuai dengan *criteria* dan dapat dikatakan aman pada saat pelaksanaan penyemenan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Tabel III-1**.

Tabel III-3
Analisa Desain Bubur Semen

	ρ	FL	FW	TT	CS
	Ppg	ml/30min	ml	Hours	Psi
Standar API	Lower: 10,5-15,6 Greater: 15,6-22	<200 ml	Max: 3,5	Max: 100 bc.	Min: >500
<i>Tail Slurry</i>	Lower: 10.5 ppg	82 ml	0	5:58 (100bc)	2843
Keterangan	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman

3.3.2.2. Perhitungan Slurry Volume

Dalam analisa volume bubuk semen pada Sumur X terdapat kesalahan perencanaan dalam perhitungan jumlah *slurry volume*. Berikut perhitungan volume bubuk semen hasil analisa:

a. Capacity dan Volume Casing – OH

Capacity I OH- Casing 7” dihitung dari:

$$\begin{aligned}
 \text{Casing – OH Capacity} &= (dh^2 - odc^2) \times 0,005454 \\
 &= (8,5^2 - 7^2) \times 0,005454 \\
 &= 0,1268 \text{ cuft/ft}
 \end{aligned}$$

Volume I: Casing 7” – Open Hole (OH) dihitung dari:

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan Volume I} &= \text{Capacity} \times H \times (\% \text{excess} + 1) \\
 &= 0,1268 \text{ cuft/ft} \times 493,65 \text{ ft} \times (60\% + 1) \\
 &= 89,20 \text{ cuft} \approx 15,89 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

b. **Liner LAP**

Capacity II Liner LAP dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Liner LAP} &= (id^2 - odc^2) \times 0,005454 \\ &= (8,681^2 - 7^2) \times 0,005454 \\ &= 0,1438 \text{ cuft/ft} \end{aligned}$$

Volume II: Liner LAP dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Volume II} &= \text{Capacity} \times H \\ &= 0,1438 \times 200,14 \text{ ft} \\ &= 28,77 \text{ cuft} = 5,12 \text{ bbl} \end{aligned}$$

c. **Capacity III Shoe Track** dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Capacity Shoe Track} &= id^2 \times 0,005454 \\ &= 6,276^2 \times 0,005454 \\ &= 0,2148 \text{ cuft/ft} \end{aligned}$$

Volume III Shoe Track dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Volume III} &= \text{Shoe Track Capacity} \times H \\ &= 6,276 \times 0,005454 \times 121,40 \text{ ft} \\ &= 26,08 \text{ cuft} = 4,64 \text{ bbl} \end{aligned}$$

d. **Capacity IV Inside 9-5/8" CSG** dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Capacity Pocket} &= id^2 \times 0,005454 \\ &= (8,681^2) \times 0,005454 \\ &= 0,4110 \text{ cuft/ft} \end{aligned}$$

Volume IV Inside 9-5/8" CSG dihitung dari:

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Volume IV} &= \text{Capacity} \times H \\ &= (8,681^2) \times 0,005454 \times 200,14 \text{ ft} \\ &= 82,26 \text{ cuft} = 14,65 \text{ bbl} \end{aligned}$$

e. **Total volume bubuk semen** dihitung dari:

$$\begin{aligned} &= \text{Volume I} + \text{Volume II} + \text{Volume III} + \text{Volume IV} \\ &= (89,20) + (28,77) + (121,40) + (82,26) \\ &= 226,31 \text{ cuft} = 40,31 \text{ bbl} \end{aligned}$$

Dari hasil evaluasi pada **Tabel III-4** menunjukkan bahwa perencanaan dalam menentukan volume bubuk semen sumur "AK-12A" memiliki sedikit perbedaan dengan hasil evaluasi. Volume bubuk semen hasil evaluasi adalah sebesar 225,31 cuft (40,13 bbl) sedangkan perencanaan pada Sumur "AK-12A" sebesar 225,71 cuft (40,2 bbl), hal ini menunjukkan bahwa pada sumur "AK-12A" memiliki sedikit perbedaan dalam penggunaan jumlah *slurry* semen. Terdapat perbedaan jumlah volume hasil evaluasi dengan perencanaan. Untuk lebih jelas ada pada **Tabel III-4**.

Tabel III-4
Analisa Volume Bubur Semen

60% EXCESS WILL BE RE-DETERMINED AS BIT SIZE						
Area	Capacity		Depth		Volume	
	Sumur AK-12A	Evaluasi	Sumur AK-12A	Evaluasi	Sumur AK-12A	Evaluasi
	cuft/ft	cuft/ft	ft	ft	cuft	cuft
CSG-OH	0.1269	0.1268	440	440	55.5875	89.20
LINER LAP	0.1437	0.1437	200	200.14	28.6360	28.77
SHOE TRACK	0.2150	0.2148	118	121.40	25.2671	26.08
INSIDE 9 5/8" CSG	0.4110	0.4110	200	200.14	81.9775	82.26
TOTAL					191.4681	226.31

3.3.2.3. Perhitungan Jumlah Sak Semen

Berikut perhitungan jumlah sak semen yang dibutuhkan Sumur “AK-12A“ Lapangan “ADR” yang dihitung dengan rumus:

- Tail slurry*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sack semen} &= \frac{\text{volume tail slurry}}{\text{slurry yield}} \\ &= \frac{225,31 \text{ cuft}}{3,738 \text{ cuft/sack}} \\ &= 59,8 \text{ sacks} \approx 60 \text{ sacks} \end{aligned}$$

Untuk lebih jelas ada pada **Tabel III-5**:

Tabel III-5
Analisa Perhitungan Jumlah Sak Semen

	Volume (cuft)		Jumlah Sack Semen (sacks)	
	Sumur AK-12A	Evaluasi	Sumur AK-12A	Evaluasi
<i>Tail slurry</i>	225,71	225,31	60	59,6

Perbedaan jumlah sack semen yang digunakan karena berdasarkan jumlah volume bubuk semen yang telah ditentukan. Pada **Tabel III-5** menunjukkan perbedaan jumlah sack semen yang digunakan sumur “AK-12A”.

3.3.2.4. Perhitungan Volume Aditif

Berikut merupakan perhitungan jumlah aditif yang akan digunakan pada pekerjaan Penyemenan Primer Sumur “AK-12A” Lapangan “ADR” dengan:

- **A** (F/W = *Drilling Water*) = 10,852 gal/sack x 76,2 sack
= 826,922 gals
- **B** (PC-X61L = *Defoamer*) = 0135 gal/sack x 76,2 sack
= 10,287 gals
- **C** (PC-G71L = *Fluid Loss*) = 3.313 gal/sack x 76,2 sack
= 252,451 gals
- **D** (PC-GS3L = *Anti-gas Migration*) = 1,16 gal/sack x 76,2 sack
= 88,391 gals
- **E** (PC-H21L = *Retarder*) = 0,021 gal/sack x 76,2 sack
= 1,6002 gals

3.3.2.5. Perhitungan Displacement Volume

Berikut merupakan perhitungan *displacement volume* untuk menentukan harga dari *pumping time* pada Sumur “AK-12A” Lapangan “ADR” dengan menggunakan beberapa persamaan berikut:

- a. *Surface Line Volume* menggunakan rumus:

$$= (ID^2) \times 0,000971 \times \text{surface line length}$$

$$= (1,5^2) \times 0,000971 \times (61 \times 3,281)$$

$$= 0,44 \text{ bbl}$$
- b. *DP 5” Volume* menggunakan rumus:

$$= (ID^2) \times 0,000971 \times \text{TOL}$$

$$= (4,276^2) \times 0,000971 \times (2785 \times 3,281)$$

$$= 162,2 \text{ bbl}$$
- c. *Casing 7” Volume* menggunakan rumus:

$$= (ID^2) \times 0,000971 \times (\text{FC} - \text{TOL})$$

$$= (6,276^2) \times 0,000971 \times ((2943 - 2785) \times 3,281)$$

$$= 19,8 \text{ bbl}$$
- d. *Displacement Volume* menggunakan rumus:

$$= V \text{ Surface Line} + V \text{ DP 5”} + V \text{ Casing 7”}$$

$$= 0,44 \text{ bbl} + 162,2 \text{ bbl} + 19,8 \text{ bbl}$$

$$= 182,44 \text{ bbl}$$

3.3.2.6. Perhitungan Operation Time

Manajemen waktu pada operasi penyemenan sangatlah penting dan krusial karena menentukan *thickening time* dan lama pengerjaan pada operasi penyemenan, sehingga merencanakan waktu operasional pemompaan berdasarkan jumlah volume yang dipompakan serta *rate* pompa yang digunakan:

- a. *Time Pump Spacer*, T_1

$$T_1 = \frac{\text{Volume Spacer Pumped}}{\text{Pump Rate}}$$

$$T_1 = \frac{50 \text{ bbl}}{3 \text{ BPM}}$$

$$T_1 = 16,7 \text{ menit}$$
- b. *Time Pump Slurry*, T_2

$$T_2 = \frac{\text{Volume Tail Slurry Pumped}}{\text{Pump Rate}}$$

$$T_2 = \frac{40,2 \text{ bbl}}{3 \text{ BPM}}$$

$$T_2 = 13,4 \text{ menit}$$

c. *Time Pump Displacement*, T_3

Dalam pemompaan displacement dilakukan sekali pemompaan dengan 3 rate pemompaan yang berbeda

$$T_3 = \frac{\text{Volume Displacement Pumped}}{\text{Pump Rate}}$$

$$T_3 = \frac{91 \text{ bbl}}{4 \text{ BPM}}$$

$$T_3 = 22,75 \text{ menit}$$

d. *Total Operation Time Slurry*, T_4

$$T_4 = T_1 + T_2 + T_3 + \text{Drop \& Bottom Plug}$$

$$T_4 = 16,7 \text{ menit} + 13,4 \text{ menit} + 22,75 \text{ menit} + 20 \text{ menit}$$

$$T_4 = 1 \text{ jam } 13 \text{ menit}$$

3.3.2.7. Perhitungan Pola Aliran

a. *Tail Slurry*

- Menentukan indeks kelakuan aliran (n):

$$n = 3,32 \times \log \frac{2PV+YP}{PV+YP}$$

$$n = 3,32 \times \log \frac{(2 \times 102)+108}{102+108}$$

$$n = 0,571$$

- Menentukan indeks konsistensi fluida (K):

$$K = \frac{N \times (PV+YP) \times 1,066}{100 \times (511)^n}$$

$$K = \frac{1 \times (102+108) \times 1,066}{100 \times (511)^{0,571}}$$

$$K = 0,0064$$

- Menentukan Kecepatan Aliran Kritis $N_{re} = 3000$:

$$V_c = \left[\frac{N_{re} \times K \left(\frac{96}{dh-OD} \right)^n}{1,86 \times \rho s} \right]^{\frac{1}{(2-n)}}$$

$$V_c = \left[\frac{130,05 \times 0,0064 \left(\frac{96}{8,5-7} \right)^{0,571}}{1,86 \times 10,5} \right]^{\frac{1}{(2-0,571)}}$$

$$V_c = 4,039 \text{ ft/s}$$

- Menentukan Laju Alir Kritis Pompa:

$$q_b = \frac{VD^2}{17,15}$$

$$q_b = \frac{4,039 \times (8,681^2 - 7^2)}{17,15}$$

$$q_b = 6,208 \text{ BPM}$$

Dengan rate 3 BPM dibawah laju kritis 6,208 BPM maka pola aliran yang terjadi adalah aliran laminer, sehingga sudah sesuai, karena yang diharapkan adalah aliran laminer. Laju alir diharapkan laminer dikarenakan formasi bersifat tidak kompak.

b. *Spacer*

- Menentukan indeks kelakuan aliran (n):

$$n = 3,32 \times \log \frac{2PV+YP}{PV+YP}$$

$$n = 3,32 \times \log \frac{(2 \times 49)+43}{49+43}$$

$$n = 0,615$$

- Menentukan indeks konsistensi fluida (K):

$$K = \frac{N \times (PV + YP) \times 1,066}{100 \times (511)^n}$$

$$K = \frac{1 \times (49 + 43) \times 1,066}{100 \times (511)^{0,615}}$$

$$K = 0,0021$$

- Menentukan Kecepatan Aliran Kritis $N_{re} = 3000$:

$$V_c = \left[\frac{N_{re} \times K \left(\frac{96}{dh - OD} \right)^n}{1,86 \times \rho_s} \right]^{\frac{1}{(2-n)}}$$

$$V_c = \left[\frac{3000 \times 0,0021 \left(\frac{96}{8,75 - 7} \right)^{0,615}}{1,86 \times 10} \right]^{\frac{1}{(2-0,615)}}$$

$$V_c = 2,723 \text{ ft/s}$$

- Menentukan Laju Alir Kritis Pompa:

$$q_b = \frac{VD^2}{17,15}$$

$$q_b = \frac{2,723 \times (8,681^2 - 7^2)}{17,15}$$

$$q_b = 4,186 \text{ BPM}$$

Dengan rate 3 BPM dibawah laju kritis 4,186 BPM, maka pola aliran yang terjadi adalah aliran laminer, sementara yang diharapkan adalah turbulen sehingga *spacer* mampu membersihkan sisa *mud cake* pada dinding lubang bor.

3.3.2.8. Perhitungan *Thickening Time*:

Thickening time suspensi semen ini sangat penting, waktu pemompaan harus lebih kecil dari *thickening time*. Apabila tidak, maka akan menyebabkan suspensi semen mengeras lebih dulu sebelum seluruh suspensi semen mencapai target yang diinginkan. Menggunakan rumus:

$$\text{Thickening Time} = T_4 + \text{safety factor}$$

$$\begin{aligned} \text{Thickening Time} &= 1 \text{ jam } 13 \text{ menit} + 60 \text{ menit} \\ &= 2 \text{ jam } 13 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan untuk pemompaan slurry semen pada sumur "AK-12A" adalah 2 jam 13 menit. Desain *thickening time* yang terlihat pada **Table III-3** untuk mencapai 100bc memerlukan waktu selama 5 jam 58 menit, tetapi apabila desain *thickening time* terlalu lama daripada waktu pemompaan dapat mengakibatkan semen akan masuk kedalam formasi atau air *filtrate* yang ada di dalam kandungan bubuk semen masuk ke dalam formasi pada saat menunggu semen kering sehingga dapat mengakibatkan kualitas semen menjadi buruk. Sehingga terdapat perbedaan waktu *thickening time slurry* selama 3 jam 45 menit, perbedaan waktu tersebut dinilai sangat lama. Hal tersebut menyebabkan ikatan semen yang diperoleh dinilai buruk.

3.4. Perbandingan dan Analisa Hasil Penyemenan Primer dengan Evaluasi

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi desain bubuk semen dan dibandingkan dengan hasil perencanaan awal penyemenan, terdapat beberapa perbedaan dalam desain bubuk semen.

Volume bubuk semen antara perencanaan dengan perhitungan evaluasi terdapat beberapa perbedaan. Pada perencanaan sumur "AK-12A", jumlah volume bubuk semen yang dibutuhkan untuk memenuhi *annulus* sebanyak 226 cuft (40,2 bbl). Sedangkan pada perhitungan evaluasi, jumlah volume bubuk semen yang dibutuhkan untuk memenuhi *annulus* sebesar 144,05 cuft (25,66 bbl). Sehingga terdapat perbedaan yang lumayan jauh.

Jumlah sak semen yang dibutuhkan juga terdapat perbedaan antara awal perencanaan dengan hasil perhitungan evaluasi. Jumlah sak semen yang dibutuhkan pada perencanaan sebanyak 60 sak semen, namun pada perhitungan evaluasi sebanyak 59,6 sak semen. Terdapat perbedaan jumlah sak semen yang dibutuhkan untuk melaksanakan penyemenan sebanyak kurang lebih 0,4 sak semen.

Perhitungan aditif juga terdapat perbedaan, dikarenakan juga ada perbedaan jumlah sak semen yang dibutuhkan antara perencanaan dengan evaluasi. Untuk aditif F/W (*Drilling Water*) perencanaan sebanyak 651,12 gals, sedangkan untuk evaluasi sebanyak 646,77 gals, PC-X61L (*Defoamer*) perencanaan sebanyak 8,1 gals, sedangkan untuk evaluasi sebanyak 8,046 gals, PC-G71L (*Fluid Loss*) perencanaan sebanyak 198,78 gals, sedangkan untuk evaluasi sebanyak 197,4548 gals, PC-GS3L (*Anti-gas Migration*) perencanaan sebanyak 69,9 gals, sedangkan untuk evaluasi sebanyak 69,136 gals, dan PC-H21L (*Retarder*) perencanaan sebanyak 1,26 gals, sedangkan untuk evaluasi sebanyak 1,2516 gals.

Perhitungan dan penentuan pola aliran juga masih belum sesuai. Kondisi penyemenan menggunakan *rate* pompa sebesar 3 BPM untuk *slurry* dan *spacer*. Sedangkan untuk laju alir pompa kritis untuk *slurry* sudah di atas *rate* pompa, karena yang dibutuhkan adalah aliran laminer yang berarti harus di bawah 6,208 BPM, dan *rate* pompa sebesar 3 BPM. Sedangkan *spacer* masih di bawah laju alir pompa kritis, sehingga masih termasuk aliran laminer yang berarti bukan turbulen. Laju alir kritis pompa untuk *spacer* sebesar 4,186 BPM dan *rate* pompa sebesar 3 BPM. Karena formasi tidak kompak, maka pola aliran yang diharapkan adalah aliran laminer untuk *slurry* dan untuk *spacer* diharapkan memiliki aliran turbulen karena sesuai dengan fungsinya *spacer* digunakan untuk mendorong *slurry* dan membersihkan *mud cake*.

Thickening time semen ini juga terdapat perbedaan waktu antara awal perencanaan dengan evaluasi. *Thickening time* untuk perencanaan selama 5 jam 58 menit, sedangkan untuk evaluasi selama 2 jam 13 menit. Perbandingan waktunya selama 3 jam 35 menit antara perencanaan awal dengan evaluasinya. *Thickening time* yang terlalu lama menyebabkan hasil ikatan semen menjadi kurang baik, sehingga disarankan untuk mengatur ulang komposisi desain semen dengan mengurangi *retarder* dan menambahkan *accelerator*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penyemenan primer *Casing Liner 7"* pada Sumur "AK-12A" Lapangan "ADR", dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi secara kuantitatif pada sumur ini memiliki *Compressive Strength* dengan kualitas baik sebesar 19,15%, kualitas sedang sebesar 4,26% dan kualitas buruk sebesar 76,60%. *Bond Index* dengan kualitas baik sebesar 19,15% dan kualitas buruk sebesar 80,85%.
2. Hasil evaluasi secara kualitatif untuk ikatan semen baik memiliki panjang zona *good bond* 20 ft pada kedalaman 9820 ft sampai 9830 ft dan 9860 ft sampai 9870 ft, sedangkan untuk ikatan semen buruk (*bad to formation*, *channeling*, dan *free pipe*) memiliki panjang zona *bad bond* 450 ft pada interval kedalaman 9400 ft sampai 9810 ft lalu dilanjutkan pada kedalaman 9840 ft sampai 9850 ft dan bersifat heterogen sehingga menyebabkan adanya kesulitan pada proses pembacaan dan penyimpulan.
3. Zona prospek terdapat pada interval 9700 ft sampai dengan 9754 ft diperoleh hasil penyemenan yang buruk karena merupakan *bad to formation*.

4. Analisa volume bubuk semen pada pelaksanaan sebanyak 225,71 cuft atau 40,2 bbl, sedangkan hasil evaluasi perhitungan diperlukan volume sebanyak 225,31 cuft atau 40,15 bbl.
5. Jumlah *sack* semen pada pelaksanaan sebanyak 60 *sacks* sedangkan evaluasi sebanyak 59,6 *sacks*.
6. *Slurry* dialirkan dengan *rate* pompa sebesar 3 BPM sedangkan laju alir kritis dari pompa untuk *tail slurry* sebesar 6,208 BPM, yang berarti pola aliran *slurry* sudah sesuai karena pola aliran yang diharapkan adalah pola aliran laminar untuk formasi yang tidak kompak.
7. Desain *Thickening Time* yaitu 5 jam 58 menit, sedangkan waktu pemompaan berdasarkan hasil perhitungan yaitu 2 jam 13 menit sehingga tidak akan terjadi pengerasan suspensi semen pada saat dipompakan.
8. Disarankan pada operasi selanjutnya untuk dilakukan *remedial cementing* untuk memperbaiki hasil ikatan semen yang buruk terutama pada zona prospek di kedalaman 9700 ft sampai dengan 9754 ft dengan mengatur ulang komposisi semen dan *rate* pompa untuk *spacer*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusunan dapat menyelesaikan penulisan paper ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran akan sangat berarti bagi penulis. Semoga paper ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang memerlukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Neal J. (1985) "Drilling Engineering", A Complete Well Planning Approach, Penn Well Publishing Co., Tulsa. Oklahoma.
- Lockyear, Christopher F., Ryan, Daniel F., & Gunningham, Marcus M. (1990) "*Cement Channeling: How to Predict and Prevent.*" *SPE Drill Eng* 5 doi: [10.2118/19865-PA](https://doi.org/10.2118/19865-PA).
- McCray, Arthur W., Cole, Frank W. (1981) "Oil Well Drilling Technology, The University of Oklahoma Press, Norman, Publishing Division of The University of Oklahoma.
- Nelson, Erik B. (1990). *Well Cementing*. Schlumberger Educational Services.
- Parker, P. N., Ladd, B. J., Ross, W. M., & Wahl, W. W. (1965). AN EVALUATION OF A *PRIMARY CEMENTING* TECHNIQUE USING LOW *DISPLACEMENT* RATES. SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS OF AIME. doi: 10.2118/1234-MS.
- Pardue, G. H. & Morris, R. L. (1963) "*Cement Bond Log-A Study of Cement and Casing Variables*", *J Pet Technol* 15 (05): 545–555, Paper Number: SPE-453-PA.
- Rabia, Hussain. (1985) "Oil Well Drilling Engineering", Graham and Trotman, Oxford, UK.
- Rollman, E.E. (no date) "Acoustic Cement Bond Log, CBL", Dresser Atlas, Houston, USA.
- Rubiandini, Rudi Dr, Ing, Ir, "Teknik Operasi Pemboran I dan II". Institut Teknologi Bandung. 2012.
- Smith, Dwight K. (1990). *Cementing*. Henry Doherty Memorial Of AIME, Society of Petroleum Engineers Of AIME.
- Smith, R. C. (1984) "Successful *Primary Cementing* Can Be a Reality", *J Pet Technol* 36 (11): 1851–1858, Paper Number: SPE-13498-PA.
- Suman, George O., (1977) "World Oil's *Cementing Handbook Including Casing Handling Procedures*", Gulf Publishing Company, Houston, Texas.