

EVALUASI PENANGANAN HILANG SIRKULASI MENGGUNAKAN METODA SUMBAT SEMEN PADA TRAYEK 17 ½” DI SUMUR PANAS BUMI ULUBELU

M. Iser Indra Putra Yana¹, Bambang Yudho Suranta¹, Edi Untoro^{1*}, La Ode Reza Humardhani²

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

²Pertamina Geothermal Energy, Jakarta, Indonesia

*E-mail: untoro.cepu@gmail.com

ABSTRAK

Penanganan masalah Hilang Sirkulasi (*Lost Circulation*) sangat penting dalam memangkas waktu yang digunakan untuk memproduksi minyak dan biaya yang dikeluarkan dari proses awal pengeboran hingga proses akhir, oleh sebab itu perlu adanya evaluasi terhadap masalah *Lost Circulation* tersebut agar dapat menemukan solusi yang tepat dalam menangani permasalahan *Lost Circulation*. Pada pengeboran *geothermal* di sumur Ulubelu ini, total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Trayek Pengeboran Pahat 17 ½” yaitu 576 jam kerja. Dari total tersebut 33,5 jam untuk Penyemenan Sumbat dan *Casing* 13-3/8’ *Tie back* Tahap I & II, dan 72,5 jam untuk menunggu semen menjadi kering. Waktu ini digunakan untuk mengatasi *Lost Circulation* yang terjadi di trayek 17 ½”. Penerapan *cement plug* (sumbat semen) untuk mengatasi terjadinya *Lost Circulation* dilakukan ketika *Lost Circulation* terjadi di luar zona produksi. Pada sumur UBL X, *Lost Circulation* terjadi ketika proses bor formasi dari kedalaman 517 mMD sampai 1256 mMD. Kegiatan sumbat semen (*cement plug*) di trayek ini berlangsung sebanyak 6 kali yang dilakukan berulang ketika ingin melaksanakan bor formasi. Setelah dilakukan kegiatan *cement plug* secara keseluruhan dan dipastikan tidak terjadi *Lost Circulation* dengan diindikasikan oleh hasil sirkulasi observasi fluida itu bersih, barulah kegiatan Pemboran Semen, *Wireline Logging*, dan lainnya bisa dilaksanakan. Penanganan *Lost Circulation* ini harus dihentikan karena sangat berpengaruh untuk kegiatan pengeboran semen, *logging*, pemasangan *casing* dan lain sebagainya.

Kata kunci: *Lost Circulation, Cement Plug, Sumur UBL X, Trayek 17 ½”*

ABSTRACT

Problems handling for lost circulation is very important to reduce time lost and cost, therefore it is necessary to evaluate the lost circulation problem to find the right solution. In geothermal drilling at the Ulubelu well X, the total time required to complete the 17 ½” Chisel Drilling Route is 576 working hours, with 33.5 hours for cementing the plug and casing 13-3/8’ tie back for stages I & II, and 72.5 hours for waiting for the cement to dry. This time is used to overcome the lost circulation outside the production zone on route 17 ½”. Analysis showed that the lost circulation occurred from 517 mMD to 1256 mMD. Cement plug activities on this route took 6 times, carried out repeatedly during the formation drilling. After the cement plug activity is completed and it is ensured that there is no loss of circulation as indicated by the observation that the fluid circulation is clean, then cement drilling, wireline logging, and other activities can be carried out. The cement plug method was successful in closing the fracture that occurred on this route and prevented lost circulation by up to 70%.

Keywords: *Lost Circulation, Cement Plug, UBL X Well, Route 17 ½”*

1. PENDAHULUAN

Pengeboran panas bumi adalah tahap penting yang harus dilalui sebelum energi panas bumi dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Proses pengeboran ini melibatkan pembuatan lubang di tanah untuk mencapai reservoir panas bumi secara aman. Salah satu hambatan terbesar dalam pengembangan energi panas bumi adalah tingginya biaya pengeboran [1].

Beberapa penelitian telah menetapkan bahwa pengeboran dapat menghasilkan hingga 30% hingga 70% dari keseluruhan biaya proyek [2]. [3] memberikan ringkasan potensi masalah yang terkait dengan pengeboran dan penyelesaian sumur panas bumi. Biaya pengeboran baik karena *Rate Of Penetration* (laju penetrasi) yang rendah atau disebabkan oleh masalah pengeboran lainnya seperti *Lost Circulation* dan masalah stabilitas lubang sumur yang parah.

Lost circulation sangat umum di sumur panas bumi dan layak mendapat perhatian khusus karena sifat formasi yang biasanya retak di lapangan panas bumi atau sirkulasi yang hilang saat operasi semen [4]. Sirkulasi yang hilang adalah masalah yang terus-menerus dalam pengeboran panas bumi dan sering menjadi akar penyebab masalah integritas lubang sumur lainnya termasuk *sloughing*, *caving*, *washouts*, atau *bridging*. Waktu dan biaya material untuk kehilangan sirkulasi dapat mewakili 10% dari total biaya sumur di lapangan panas bumi yang matang, dan seringkali melebihi 20% dari biaya untuk sumur eksplorasi dan sumur pengembangan reservoir [5].

Penanganan masalah *Lost Circulation* sangat penting dalam memangkas waktu dan biaya yang hilang, oleh sebab itu perlu adanya evaluasi terhadap masalah *Lost Circulation* tersebut agar dapat menemukan solusi yang tepat dalam menangani permasalahan *Lost Circulation*. Salah satu penanganan *Lost Circulation* pada trayek 17½” yaitu menggunakan metode *cement plug*. Penggunaan semen untuk mengatasi hilangnya lumpur terutama di daerah yang banyak terdapat gerowong sebagaimana pada formasi karbonat,

merupakan langkah terakhir dimana hilang lumpur yang terjadi sudah tidak dapat diatasi dengan lumpur. *Cement plug* adalah material (semen) yang dipompa ke dalam zona yang porous, dengan harapan bahwa material akan menutup pori dengan membentuk plastik yang kuat atau solid. *Cement plug* biasanya tidak cukup hanya dilakukan sekali, tetapi harus berkali-kali.

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan kajian evaluasi tentang penanganan *Lost Circulation* metode *cement plug* pada trayek 17½” sumur *geothermal* area Ulubelu, terutama mengenai evaluasi dan merancang penanganan masalah *Lost Circulation*. Tujuan utama penulisan ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya *lost circulation* pada trayek 17 ½”, untuk mengetahui alasan penggunaan *cement plug* trayek 17 ½” dan untuk mengetahui penanggulangan *lost circulation* menggunakan metode *cement plug* pada trayek 17 ½”.

Penelitian ini mengacu pada penelitian Hari Sumantri mengenai masalah yang sama [6] dimana yang membedakannya adalah metode yang digunakan dalam penanganan *Lost Circulation*. *Lost circulation* adalah peristiwa hilangnya sebagian atau seluruh sirkulasi lumpur pengeboran masuk kedalam formasi yang sedang di bor sehingga sirkulasi lumpur pengeboran tidak sempurna [7]. Hilangnya lumpur ini dapat mengakibatkan *kick* karena berkurangnya tekanan formasi. Hilangnya lumpur dapat terjadi pada formasi yang mempunyai permeabilitas yang tinggi, formasi yang bergerowong dan formasi yang mempunyai rekah alami [8]. Hilang lumpur juga dapat terjadi akibat *induced fracture*, hilang lumpur akibat tekanan *surge* saat *break* sirkulasi atau, penambahan tekanan secara mendadak terhadap formasi sehingga merekahkan formasi [9].

Kerugian akibat terjadinya *Lost Circulation* ini, yaitu hilangnya lumpur pemboran ke dalam formasi mengakibatkan tekanan hidrostatik berkurang sehingga mengakibatkan *kick*, yaitu masuknya fluida formasi kedalam lubang sumur yang bertekanan lebih rendah [10]. Selain itu pengangkatan serbuk bor (*cutting*) tidak efektif dan tidak mendapatkan

serbuk bor untuk sampel log, sehingga tidak terjadi pengangkatan *cutting* yang baik, yang mengakibatkan penumpukan *cutting* didasar lubang bor dan mengakibatkan pipa terjepit [11]. *Lost Circulation* merupakan salah satu masalah yang paling banyak menghabiskan biaya karena *non-productive rig time* [12].

Penggunaan semen sebagai solusi untuk mengatasi hilangnya lumpur, terutama di daerah dengan rongga besar seperti formasi karbonat, merupakan upaya terakhir ketika lumpur tidak lagi mampu mengatasi masalah tersebut. *Cement plug* adalah bahan semen yang dipompakan ke zona berpori, dengan tujuan menutup pori-pori batuan dan membentuk penghalang yang kuat atau solid. Proses ini sering kali tidak cukup dilakukan satu kali saja, tetapi perlu diulang beberapa kali. Untuk sumur minyak, semen biasanya ditambahkan bahan aditif guna memperoleh karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan pengeboran. Berikut ini adalah jenis-jenis aditif yang biasanya digunakan :

a. *Accelerator*

Waktu pengerasan (*thickening time*) bubur semen (*cement slurry*) tergantung pada temperatur dan tekanan, sesuai dengan kekuatan tekanan (*compressive strength*) dari semen tersebut, yang juga tergantung pada temperatur dan tekanan. Suatu saat *additive accelerator* dapat ditambahkan untuk mempercepat tercapainya *thickening time*.

b. *Retarder*

Retarder merupakan bahan kimia yang berfungsi untuk memperlambat proses pengerasan semen (berlawanan dengan fungsi *akselerator*), sehingga memberikan waktu yang memadai untuk penempatan semen secara optimal. Beberapa jenis retarder yang tersedia di pasaran meliputi garam, *lignosulfonat* dan turunannya, *derivatif selulosa*, *asam organik polihidroksi*, serta aditif berbasis gula..

c. *Dispersion*

Dispersion umumnya digunakan untuk mengatur sifat reologi bubur semen, sehingga pada laju pemompaan yang rendah dapat menghasilkan aliran turbulen. Aliran turbulen ini penting untuk mengangkat sisa-sisa lumpur yang

masih ada di dalam kolom anulus. Selain itu, *dispersion* juga berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam campuran bubur semen.

d. *Extender*

Extender digunakan untuk mengurangi densitas bubur semen, sehingga tekanan hidrostatik di dasar sumur menjadi lebih rendah selama proses penyemenan. Beberapa bahan yang termasuk dalam kategori *extender* adalah *ben-tonit*, *silikat*, dan lainnya.

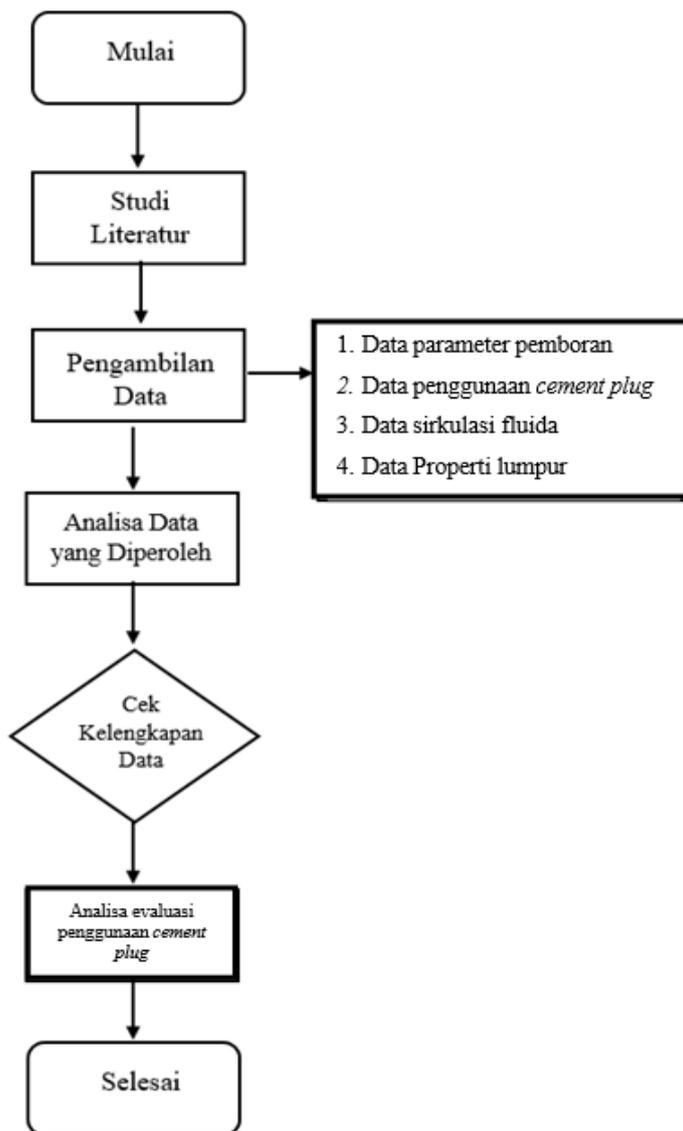
e. *Zat Pemberat*

Zat pemberat berfungsi untuk mempertahankan tekanan hidrostatik, sehingga dapat menyeimbangkan tekanan pori yang tinggi. Dalam kondisi ini, berat lumpur yang digunakan biasanya berkisar antara 18 hingga 18,5 lb/gal. Bahan pemberat ditambahkan ke dalam semen untuk meningkatkan kekuatan semen tersebut.

2. METODE

Lokasi penelitian ini pada PT. Pertamina *Geothermal Energy Area* Ulubelu yang berada di wilayah Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Lokasinya sekitar 100 km sebelah barat Bandar Lampung. Menurut analisis data eksplorasi permukaan dan bawah permukaan dari sumur yang ada, model konseptual panas bumi daerah Ulubelu secara geologi berasosiasi dengan pola *graben* yang bergerak dari Barat Laut ke Tenggara dan searah dengan pola sesar utama Pulau Sumatra, juga dikenal sebagai pola sesar Semangko. Sistem panas bumi Ulubelu terdiri dari dominasi air, dengan suhu reservoir berkisar antara 250 dan 270 derajat celcius.

Adapun data yang dibutuhkan untuk melengkapi penelitian ini yaitu data litologi formasi, data parameter pengeboran ketika membor trayek 17 ½", data *final well report*, data program pekerjaan *cement plug*, dan data ringkasan *lost circulation* yang terjadi. Gambar 1 merupakan *flowchart* penelitian dari jurnal ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. PEMBAHASAN

A. Data Sumur UBL X

Tabel 1 merupakan data Sumur X yaitu salah satu sumur yang dilakukan pengeboran di la-

pangan Ulubelu, Lampung, Indonesia yang bertujuan sebagai pengembangan sumur produksi. Sumur UBL X memiliki kedalaman akhir dari proses pengeboran yaitu 2500 m MD dengan jenis pengeboran yaitu pengeboran berarah.

Tabel 1. Data Sumur UBL X

Nama Lokasi	:	ULUBELU
Nama Sumur	:	UBL X
Location	:	LAMPUNG
Tujuan Pemboran	:	Pengembangan Sumur Produksi
Kedalaman Akhir	:	2500 m MD

Data Lubang	:	Trayek 26 “	di 57 mMD
		- 517 mMD	
		Trayek 17½”	di 517 mMD
		- 1256 mMD	
		Trayek 12¼”	di 1256 mMD
		- 1350 mMD	
		Trayek 9⅞”	di 1350 mMD
		- 2057 mMD	
		Trayek 7⅞”	di 2057 mMD
		- 2500 mMD	

B. Alasan Penggunaan Metode Cement Plug

Penggunaan *cement plug* pada trayek ini dilakukan karena adanya total *Lost Circulation* pada formasi pemboran yang terjadi sebelum zona produksi. Terjadinya *Lost Circulation* sebelum zona produksi hal ini sangat merugikan karena hilangnya lumpur akan terus terjadi sehingga *cutting* tidak akan terangkat dan *hole cleaning* menjadi tidak baik. *Cutting* yang tidak terangkat tersebut bisa terakumulasi di sisi permukaan BHA dan jika dibiarkan terus menerus akan terjadi *stuck*. Oleh karena itu, masalah *Lost Circulation* ini harus diatasi dengan efektif dan efisien. Selain itu, bahaya pemboran yang mungkin ditemui terutama di trayek 17 ½” adalah runtuhnya formasi dan terjadinya macet pipa secara parah, sehingga penanganan masalah *Lost Circulation* itu sangat penting dalam operasi pengeboran panas bumi. Penggunaan *cement plug* pada trayek ini merupakan cara yang efektif dan karena dapat menutupi rekahan yang terjadi serta lebih ekonomis dibandingkan dengan cara penanggulangan dengan metode yang lain.

Penerapan *cement plug* untuk mengatasi terjadinya *Lost Circulation* dilakukan ketika *Lost Circulation* terjadi di luar zona produksi. Penggunaan semen untuk mengatasi hilang lumpur terutama di daerah yang banyak terdapat gerowong sebagaimana terdapat pada formasi karbonat merupakan langkah terakhir dimana hilang lumpur yang terjadi sudah tidak dapat diatasi dengan lumpur. *Cement plug* adalah material (semen) yang dipompa ke dalam zona yang *porous*, dengan harapan bahwa material akan menutup pori dengan membentuk plastik yang kuat atau solid. *Cement plug* biasanya tidak cukup hanya dilakukan sekali, tetapi harus berkali-kali. Pada sumur UBL X, *Lost Circulation* terjadi ketika proses bor formasi dari kedalaman 517 m MD sampai 584 m MD. Selama bor formasi di dapati PLC (*Parsial Lost Circulation*) 0.5 - 1.5 bpm, di kedalaman 552 - 583 mMD dan 2 - 2.8 bpm di kedalaman 583 - 584 mMD juga terjadi PLC. Ketika berada di kedalaman 584 m MD terjadi Total *Lost Circulation*. Data terjadinya *Lost Circulation* keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Detail Kedalaman Terjadinya *Lost Circulation* pada Trayek 17 ½”

Depth (Mmd)	Rate Loss (BPM)	Keterangan
552 – 583	0.5 – 1.5	PLC
583 - 584	2 – 2.8	PLC
584		TLC
595		TLC
592	0.4 – 0.9	PLC
649 – 655	0.9 – 1.8	PLC
672 – 773	0.4 – 1.8	PLC
773 – 812	1 – 1.5	PLC
837 – 909	0.9 – 2	PLC
910 – 986	1.8- .8	PLC
998 – 1064	1.5 – 2.3	PLC
1064 – 1076	2.2 – 2.8	PLC
1076 - 1121	2.5 – 3.5	PLC

1121 – 1160	2.5 – 3.6	PLC
1179 – 1198	3 – 4	PLC
1198 - 1218	1.4 – 1.8	PLC
1218 – 1237	2 – 3	PLC
1237 – 1249	2 – 2.5	PLC
1225		TLC
1259		TLC

C. Proses Cement Plug

Langkah utama dalam menentukan volume semen yang dipompakan adalah mencari volume tabung yang mengalami *lost*. Kemudian, volume tersebut dikalikan faktor *express* 2 karena untuk menutupi *fracture* yang terjadi.

Dik: $\pi = 3,14$
 $r = 22 \text{ cm}$
 $t = 6700 \text{ cm}$

Volume = $3,14 \times 22^2 \text{ cm} \times 6.700 \text{ cm}$
 = $10.182.398 \text{ cm}^3$
 = 64,05 bbl

Maka = $64,05 \times 2$
 = 128,1 bbl

Untuk kebutuhan bubuk semen pada Trayek 17 ½ ini melalui perhitungan dibutuhkan 128,1 bbl dalam kegiatan *cement plug*. Proses pelaksanaan *cement plug* pada trayek 17½ dilakukan sebagai berikut :

1. *Pre Job Safety Meeting*.
2. *Flush Line* dengan 2 bbl air.
3. *Pressure test line* max 2000 Psi selama 5 menit.
4. Pompakan 20 bbl *water ahead*.
5. Pompakan 130 bbl *cement slurry* 15.2 ppg yang memiliki komposisi (489.6sx *cement* + 97.7 bbl air + 5.4 gal *Antifoam* + 153.6 lb *Accelerator* + 27.7 gal *Extender* + 21.8 gal *Retarder* + 18410.7 lb *Silica flour*)
6. Pompakan 1.3 bbl *water behind*.
7. Terakhir dilakukan penggantian dengan 23.4 bbl air.

Pengeringan semen yang telah dilakukan ini selama ± 12 jam dan dilanjutkan dengan observasi sirkulasi. Ketika tidak terjadi *lost* baru bisa dilaksanakan bor formasi pada kedalaman selanjutnya.

Saat melakukan pengeboran formasi pada kedalaman 589 mMD sampai 595 mMD, dengan kondisi WOB 7-10 ton, *flowrate* 850 GPM, SPP 810-850 psi, RPM/M 45/111, Torsi 1-3 klbft. Di kedalaman 595 mMD, mendadak terjadi total *loss*. Sehingga perlu dilakukan pengangkatan rangkaian ±7 meter kemudian masuk lagi untuk lanjut pengeboran formasi, lalu terjadi torsi tinggi saat di *bottom*. Saat terjadi torsi tinggi ini, rangkaian pahat 17½" dicabut sambil *back reaming* sampai permukaan, lalu masuk rangkaian *mule shoe + DP 5"* dan *set* di kedalaman 587 mMD. Pada kedalaman ini dilakukan lagi kegiatan *cement plug* dengan tata cara yang sama tetapi komposisi *cement slurry* yang berbeda. Data komposisi *cement slurry* disetiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah.

Setelah dilakukan sirkulasi observasi, kondisikan lumpur sehingga dapat di bor semen dari kedalaman 591 mMD sampai 610 mMD. Lubang dengan *flow rate* 860 GPM, SPP 900-940 psi, dijumpai PLC mulai kedalaman 592 mMD. *Rate loss* dari kedalaman 592 mMD sampai 610 mMD sebesar 0.4 - 9 BPM, namun sesekali di jumpai *intermiten loss* dan dilakukan kegiatan *cement plug* kembali. Kegiatan *cement plug* ini berlangsung sebanyak 6 kali yang dilakukan berulang ketika ingin melaksanakan bor formasi. Tabel 3, merupakan titik kedalaman dilaksanakannya kegiatan *cement plug* pada trayek 17 ½”.

Tabel 3. Kedalaman Dilakukannya Cement Plug

No.	Cement Plug	Kedalaman
1	Pertama	552-584
2	Kedua	589-595

3	Ketiga	592-610
4	Keempat	610-986
5	Kelima	1250 – 1340
6	Keenam	510-965

Terjadiya *total lost circulation* ditentukan ketika dilakukan sirkulasi observasi dengan cara memompakan lumpur. Ketika tidak dijumpai adanya aliran balik dari fluida itu menandakan bahwa adanya *total lost circulation*. Disaat fluida di pompakan dan terjadi kondisi aliran balik *intermittent* bisa dikatakan *partial lost circulation*. Setelah dilakukan kegiatan *cement plug* secara keseluruhan dan dipastikan tidak terjadi *Lost Circulation* dengan ditandai oleh hasil sirkulasi observasi fluida itu bersih, barulah kegiatan pemboran semen, *cement plug*, *logging*, dan lainnya bisa dilaksanakan. Penanganan *Lost Circulation* ini harus dihentikan karena sangat berpengaruh untuk kegiatan bor semen, *logging*, pemasangan *casing* dan lain sebagainya.

D. Keberhasilan Penanggulangan *Lost Circulation*

Jika sumur panas bumi hanya bagian atas dan bawahnya yang disemen, cairan produksi panas dapat menyebabkan bagian tengah *casing* mengembang dan melengkung. Sebagai alternatif, jika lumpur terperangkap di dalam anulus, lumpur tersebut juga dapat memanaskan dan mengembang, menyebabkan selubung internal runtuh. Jadi, untuk mencegah kegagalan selubung selama produksi, sumur panas bumi biasanya ditutup untuk seluruh panjang sumur.

Oleh karena itu, mengatasi kejadian *Lost Circulation* selama pengeboran panas bumi menjadi jauh lebih penting dari pada di pengeboran minyak dan gas. Mencoba untuk menyemen sumur dengan zona LC menjadi sulit karena semen akan hilang di zona ini. Daripada menyelesaikan pekerjaan semen melalui sepatu (*shoe*) bagian bawah, seorang ahli pengeboran mungkin harus melakukan pekerjaan lubang atas, yaitu menempatkan semen dari atas ke bawah dan/atau melubangi sumur dan memeras semen ke dalam anulus melalui lubang sumur untuk mengisi zona terbuka. Kedua metode ini menambah biaya dan kurang berhasil dalam menyelesaikan

pekerjaan semen padat daripada metode penyemenan lubang bawah tradisional. Mengatasi *Lost Circulation* selama pengeboran panas bumi menjadi penting untuk mengurangi biaya konstruksi sumur dan penyemenan dan untuk meningkatkan integritas sumur.

Pada Trayek 17 ½” ini keberhasilan dalam pencegahan *Lost Circulation* mencapai 70% dengan menggunakan metode *cement plug*. Penggunaan *cement plug* ini berhasil menutup rekahan (*fracture*) yang terjadi pada trayek ini. Berhasilnya pencegahan *Lost Circulation* ini setelah dilakukan *cement plug* sebanyak enam kali.

4. SIMPULAN

Dari hasil pengamatan serta pengumpulan data-data di PT. Pertamina *Geothermal Energy Area* Ulubelu, maka dapat diperoleh kesimpulan terhadap analisa yang dilakukan pada penanganan *lost circulation* menggunakan metode *cement plug* pada trayek 17 ½” sumur UBL X yaitu; penggunaan *cement plug* pada trayek 17 ½” dilakukan untuk mengatasi *total Lost Circulation* dan *Partial Lost Circulation* pada formasi pengeboran yang terjadi sebelum zona produksi. Mengatasi *Lost Circulation* ini dilakukan dengan cara melaksanakan kegiatan *cement plug* sebanyak enam kali.

Terjadinya *Total Lost Circulation* ditentukan ketika dilakukan sirkulasi observasi dengan cara memompakan lumpur. Ketika tidak dijumpai adanya aliran balik dari fluida itu menandakan bahwa terjadi *Total Lost Circulation*. Disaat fluida di pompakan dan terjadi kondisi aliran balik *intermittent* bisa dikatakan terjadi *Partial Lost Circulation*. Penggunaan *cement plug* merupakan metoda yang sangat efisien untuk mengatasi *Lost Circulation* yang terjadi pada trayek 17 ½”.

Penanganan masalah ini dengan metode *Cement Plug* terbukti efektif dalam mengatasi *Total Lost Circulation* dan *Partial Lost Circulation*, dengan keberhasilan mencapai 70%

setelah dilakukan sebanyak enam kali. Metode ini berhasil menutup rekahan (*fracture*) pada formasi sehingga memungkinkan pengeboran dilanjutkan dengan aman.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan jurnal ini, baik yang membantu dalam penyusunan dan mengirim ke Jurnal Eksplorasi Produksi (JPE), juga yang membantu dalam bidang moral. Penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada *crew drilling* UBL yang telah membantu selama berada di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. K. Saleh, C. Teodoriu, C. P. Ezeakacha, and S. Salehi, "Geothermal Drilling: A Review of Drilling Challenges with Mud Design and Lost Circulation Problem," *Stanford Work. Geotherm. Reserv. Eng.*, no. Figure 1, pp. 1–8, 2020.
- [2] M. A. Goodman, "Lost Circulation Experience in Geothermal Wells," *Int. Geotherm. Drill. Complet. Technol. Conf. Albuquerque, NM, USA, 21 Jan*, 1981.
- [3] M. Hyodo, K. Kitao, and T. Furukawa, "Development of Database System for Lost Circulation and Analysis of the Data," *Proc. World Geotherm. Congr. 2000*, pp. 2341–2346, 2000, [Online]. Available: <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2000/R0419.PDF>
- [4] P. Cole, K. Young, C. Doke, N. Duncan, and B. Eustes, "Geothermal Drilling: A Baseline Study of Nonproductive Time Related to Lost Circulation," *42nd Work. Geotherm. Reserv. Eng.*, no. Lc, pp. 13–15, 2017.
- [5] D. Adityatama, V. Agustino, H. Wiharlan, F. Muhammad, D. Alamsyah, and D. Purba, "Assessing Drilling Rig Options for Conducting Geothermal Exploration Slimhole Drilling in Indonesia," *Proceedings*, vol. 46, pp. 1–10, 2021.
- [6] B. Y. Suranta, A. S. Raisya, F. Hafizh, H. S. Aka, and A. Sofyan, "Evaluation of Lost Circulation Mechanisms and Solutions in Geothermal Drilling Field Ulubelu Hole Traject 17 . 5 ", no. October, pp. 1–12, 2021.
- [7] A. Brandl, W. Bray, and F. Molaei, "Curing Lost Circulation Issues and Strengthening Weak Formations with a Sealing Fluid for Improved Zonal Isolation of Wellbores Lab test results," *Aust. Geotherm. Energy Conf. 2011*, pp. 25–28, 2011, [Online]. Available: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/AGEC/2011/GA20032.pdf>
- [8] W. A. P. Tanjung, "Evaluasi Lumpur Pemboran Di Zona Loss Sirkulasi Pada Pemboran Geothermal Sumur X Lapangan Y," 2022.
- [9] E. C. Onyia, "Experimental data analysis of lost-circulation problems during drilling with oil-based mud," *SPE Drill. Complet.*, vol. 9, no. 1, pp. 25–31, 1994, doi: 10.2118/22581-PA.
- [10] S. P. Baggini Almagro, C. Frates, J. Garand, and A. Meyer, "Sealing fractures: Advances in lost circulation control treatments," *Oilf. Rev.*, vol. 26, no. 3, pp. 4–13, 2014.
- [11] H. Wang, B. F. Towler, and M. Soliman, "Fractured wellbore stress analysis: Sealing cracks to strengthen a wellbore," *SPE/IADC Drill. Conf. Proc.*, vol. 1, pp. 128–142, 2007, doi: 10.2523/104947-ms.
- [12] G. E. Loeppke, D. A. Glowka, and E. K. Wright, "Design and evaluation of lost-circulation materials for severe environments," *JPT, J. Pet. Technol.*, vol. 42, no. 3, pp. 328–337, 1990, doi: 10.2118/18022-PA.

Daftar Simbol

π	=	Phi
t	=	Tinggi, Cm
r	=	Jari-jari, Cm

Glossary Term

1. **Lost Circulation (LC):** Hilangnya lumpur pengeboran ke dalam formasi yang menyebabkan sirkulasi lumpur tidak sempurna, berpotensi menyebabkan masalah seperti kick atau pipa terjepit.
2. **Cement Plug:** Material berupa semen yang dipompa ke dalam zona porous formasi untuk menutup pori-pori batuan atau rekahan, menghentikan hilangnya lumpur.
3. **Partial Lost Circulation (PLC):** Hilangnya sirkulasi lumpur dalam jumlah kecil, biasanya masih dapat diatasi dengan metode tertentu sebelum mencapai kondisi total loss.
4. **Total Lost Circulation (TLC):** Hilangnya sirkulasi lumpur sepenuhnya, tidak ada aliran balik lumpur dari formasi, memerlukan penanganan segera.
5. **Trayek Pengeboran:** Jalur pengeboran yang ditentukan pada sumur, dalam kasus ini trayek pengeboran dengan diameter 17 ½”.
6. **Sirkulasi Lumpur:** Proses di mana lumpur pengeboran disirkulasikan melalui lubang bor untuk membawa keluar potongan batuan dan menjaga stabilitas lubang bor.
7. **Kick:** Kondisi di mana fluida dari formasi masuk ke dalam lubang bor, biasanya karena tekanan lumpur yang terlalu rendah.
8. **Fracture:** Retakan atau rekahan pada formasi batuan yang menyebabkan hilangnya lumpur pengeboran.
9. **Well Logging:** Proses pengukuran sifat fisik formasi bawah tanah menggunakan peralatan yang diturunkan ke dalam lubang bor.