

## EVALUASI PENYEBAB HILANG SIRKULASI LUMPUR DAN PENANGGULANGANNYA PADA PEMBORAN SUMUR-SUMUR LAPANGAN MINYAK "X"

Oleh :

Ir. Bayu Satiyawira, M.Si<sup>1</sup> Galih Imanurdana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti.

### Abstrak

Pada pemboran di lapangan minyak "X" terjadi permasalahan hilang sirkulasi lumpur (*lost circulation*). *Lost circulation* adalah hilangnya sebagian (*partial lost*) atau semua (*total lost*) dari fluida pemboran ke dalam formasi. Pada pemboran sumur A dan B terjadi permasalahan *lost circulation* ketika pemboran menembus formasi Baturaja dengan lithologi batuan *limestone* dan sumur C terjadi permasalahan *lost circulation* ketika pemboran menembus formasi Baturaja dengan lithologi *limestone* dan formasi Talangakar dengan lithologi 90% *limestone* dan 10% *sandstone*. Penyebab dari permasalahan *lost circulation* karena formasi yang memiliki lubang pori yang cukup besar sehingga terbentuk rongga-rongga atau terbentuk gua (*cavern*).

Dengan permasalahan *lost circulation* ini maka dilakukan penanggulangan pada tiap-tiap sumur A, B, dan C dengan menggunakan beberapa metode. Pada sumur A penanggulangan dilakukan dengan *Lost Circulation Material* (LCM) CaCO<sub>3</sub> dan dilakukan penyemenan. Sumur B ini penanggungan *lost circulation* dengan LCM CaCO<sub>3</sub> dan *blind drilling*. Sedangkan pada sumur C penanggungan dilakukan dengan menggunakan LCM CaCO<sub>3</sub>.

Penanggulangan masalah hilang sirkulasi lumpur yang telah dilakukan pada sumur A, B, dan sumur C pada tiap zona *loss* secara keseluruhan telah dilakukan dengan baik dan pemboran tiap sumur di lapangan minyak "X" tercapai hingga kedalaman sesuai target yang diinginkan.

**Kata Kunci** : Lumpur, Hilang Lumpur, Lost Circulation

### PENDAHULUAN

Pada operasi pemboran sumur minyak dan gas yang dilakukan tidak selalu lancar sesuai dengan perencanaan, adakalanya terjadi permasalahan pada operasi pemboran tersebut. Salah satu masalah dalam operasi pemboran yaitu hilang sirkulasi lumpur (*lost circulation*), *lost circulation* atau hilang sirkulasi lumpur merupakan hilangnya sebagian (*partial lost*) atau semua (*total lost*) dari fluida pemboran ke dalam formasi, sehingga sirkulasi fluida pemboran tidak sesuai yang diinginkan.

Pada penulisan tugas akhir ini membahas tentang evaluasi penyebab hilang sirkulasi lumpur pada lapangan minyak "X". Permasalahan hilang sirkulasi lumpur yang terjadi pada Lapangan minyak "X" ini terjadi pada 3 sumur yaitu sumur A, B, dan C. Pada sumur A permasalahan hilang sirkulasi lumpur di trayek 12 ¼" saat pemboran menembus formasi Baturaja dengan lithologi batuan *limestone*. Penanggulangan diatasi dengan melakukan penyumbatan *Lost Circulation*

*Material* (LCM) CaCO<sub>3</sub> dan penyemenan, sehingga permasalahan hilang sirkulasi lumpur teratasi.

Pada pemboran sumur B permasalahan hilang sirkulasi lumpur pada trayek 8 ½" saat pemboran menembus formasi Baturaja dengan lithologi batuan *limestone*. Penanggulangan diatasi dengan menggunakan LCM CaCO<sub>3</sub> dan dilakukannya *blind drilling*. Pada sumur C permasalahan terjadi pada trayek 8 ½" saat pemboran menembus formasi Baturaja dengan lithologi batuan *limestone* dan formasi Talangakar dengan lithologi batuan 90% *limestone* dan 10% *sandstone*. Penanggulangan diatasi dengan menggunakan LCM CaCO<sub>3</sub> 15 ppb, sehingga permasalahan hilang sirkulasi lumpur teratasi.

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi penyebab hilangnya sirkulasi lumpur pada pemboran sumur A, B, dan C, untuk mengetahui apakah hilang sirkulasi terjadi karena faktor mekanis

atau faktor alami dan metode yang digunakan untuk menangani hilang sirkulasi.

**STUDI PUSTAKA**

Pemboran merupakan suatu kegiatan penting dalam industri perminyakan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hidrokarbon dibawah permukaan. Pemboran merupakan suatu kegiatan membuat lubang dari permukaan menuju target (*reservoir*) yang telah ditentukan untuk membuktikan ada atau tidaknya hidrokarbon didalam reservoir tersebut.

Seperti yang diketahui lumpur pemboran adalah salah satu faktor yang mempengaruhi dari keberhasilan pemboran, berikut adalah fungsi dari lumpur pemboran:

1. Mengangkat Cutting ke Permukaan
2. Menjaga dan Mengimbangi Tekanan Formasi
3. Membersihkan Dasar Lubang (*Bottom Hole Cleaning*)
4. Membentuk Mud Cake
5. Mendinginkan dan Melumasi Pahat dan Rangkaian Pipa
6. Media Logging dan Evaluasi Formasi
7. Meneruskan Daya Hidrolika ke Pahat
8. Membantu Menahan Rangkaian Pipa Bor
9. *Cutting Suspension*
10. Mencegah dan Menghambat Laju Korosi

**1. Hidrolika Lumpur Pemboran**

Faktor hidrolika ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

**a. Kecepatan Aliran Lumpur Pemboran Di Annulus**

Untuk menentukan sifat aliran dalam sistem sirkulasi apakah jenis aliran tersebut laminar atau turbulenta maka dapat diketahui dengan menghitung kecepatan aliran rata-rata dari fluida di annulus dan kecepatan kritisnya. Persamaannya sebagai berikut:

$$V_{an} = \frac{24.5 \times Q}{(D_i^2 - D_o^2)}$$

Keterangan :

$V_{an}$  = Kecepatan rata-rata diannulus, ft/min.

$Q$  = Debit pompa, gpm.

$D_i$  = Diamaeter lubang bor/dalam casing, inch.

$D_o$  = Diameter luar drill string, inch.

24,5 = Faktor konversi.

Kecepatan kritis adalah perbuhan perilaku aliran dari laminar menjadi aliran turbulen. Kecepatan kritisnya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Keterangan:

$$V_c = \left( \frac{3.878 \times 10^4 \times k}{\rho} \right)^{\frac{1}{2-n}} \times \left( \frac{2.4 \times (2n+1)}{(D_i - D_o) \times 3n} \right)^{\frac{n}{2-n}}$$

$V_c$  = Kecepatan aliran kritis, ft/min.

$\rho$  = Densitas lumpur, ppg.

$n$  = Indeks aliran, dimensionless

$k$  = Indeks konsistensi, dimensionless.

**b. Kehilangan Tekanan di Annulus**

Kehilangan tekanan ( $\Delta P$ ) yang terjadi di annulus dapat ditentukan dengan persamaan:

Bila alirannya laminar ( $V < V_c$ )

$$\Delta P_{an} = \left( \frac{k \times L}{300 \times (D_i - D_o)} \right) \times \left( \frac{2.4 \times V_{an} \times (2n+1)}{(D_i - D_o) \times 3n} \right)^n$$

Bila alirannya turbulenta ( $V > V_c$ )

$$\Delta P_{an} = \frac{8.91 \times 10^{-5} \times \rho^{0.8} \times Q^{1.8} \times (PV)^{0.2} \times L}{(D_i - D_o)^3 - (D_i - D_o)^{1.8}}$$

Keterangan:

$PV$  = Plastic viscosity, cp.

$V_{an}$  = kecepatan rata-rata di annulus, ft/min.

$L$  = Panjang drill string, ft.

$\rho$  = Densitas lumpur, ppg.

$Q$  = Debit pompa, gpm.

$n$  = Indeks aliran, Dimensionless.

$k$  = Indeks konsistensi, Dimensionless.

ECD adalah densitas lumpur pada saat sirkulasi sedangkan BHCP adalah tekanan lubang bor pada saat sirkulasi lumpur yang besarnya sama dengan tekanan hidrostatik lumpur ditambah dengan kehilangan tekanan annulus. Besarnya nilai ECD dapat dihitung dengan persamaan:

$$ECD = \frac{\Delta P_{ann}}{0.052 \times TVD} + MW$$

Keterangan:

ECD = Equivalent Circulation Density, ppg.

MW = Berat lumpur, ppg.

$\Delta P_{ann}$  = Kehilangan tekanan, psi.

0,052 = Faktor konversi.

Sedangkan besarnya BHCP adalah:

BHCP = (0.052 x ECD x TVD)

Keterangan:

BHCP = Bottom Hole Circulation Pressure, psi

TVD = kedalaman tegak, ft.

**2. Hilang Sirkulasi (*Lost Circulation*)**

*Lost circulation* didefinisikan sebagai hilangnya fluida pemboran sebagian atau seluruhnya yang masuk kedalam formasi selama pemboran berlangsung. Masuknya lumpur pemboran kedalam formasi bisa diakibatkan secara alamiah dan secara mekanis. Berikut faktor-faktor penyebab *lost circulation*:

**a. Jenis Formasi**

Walau formasi yang menyebabkan *lost circulation* tidak diketahui secara nyata, namun dapat dipastikan bahwa formasi tersebut memiliki karakteristik ukuran pori batuan yang cukup besar. Formasi yang mempunyai formasi alami cukup besar untuk mengalirkan lumpur sehingga terjadi *lost circulation* adalah sebagai berikut:

**1) *Coarsely Permeable Formation***

*Coarsely permeable formation* adalah formasi permeable yang terdiri dari butir-butir penyusun yang kasar. Contoh dari formasi ini adalah *gravel* dan pasir.

**2) *Cavernous Formation* atau *Vugular Formation***

*Cavernous formation* atau *vugular formation* adalah formasi yang banyak mengandung *reef*, *gravel*, dan juga *cavern* (gua-gua) Contoh dari formasi ini adalah batuan kapur (*limestone* dan *dolomite*).

**3) *Fissure, Fracture, and Faults Formation***

Jenis formasi ini merupakan celah-celah atau retakan didalam formasi yang terjadi secara alamiah maupun karena sebab-sebab mekanis

**b. Lost Circulation Karena Tekanan**

Tekanan merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dan sangat berpengaruh dalam kegiatan pengeboran. Berikut merupakan jenis-jenis dari tekanan:

**1) Tekanan Formasi**

Tekanan formasi merupakan tekanan yang disebabkan oleh fluida didalam formasi. Memperkirakan tekanan formasi dengan memperhatikan parameter-parameter pemborannya yaitu persamaan “d-exponent” sebagai berikut.

$$d = \frac{\text{Log}(\frac{R}{50N})}{\text{Log}(\frac{12W}{1000db})}$$

Keterangan:

- d = d-exponent.
- R = Rotary Speed , rpm.
- N = Rate of Penetration , ft/hrs.
- W = Weight On Bit , Klbs.
- db = Diameter Bit , Inch.

Rhem dan McClendon menyempurnakan persamaan dengan menghitung pengaruh peningkatan berat lumpur sebagai berikut:

$$dc = d \frac{9}{MW}$$

Keterangan:

- dc = d-exponent terkoreksi.
- d = Harga mula-mula.
- MW = Berat lumpur, ppg
- Tekanan formasi bisa dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$EMW = \frac{9d}{dc} - 0,3$$

**2) Tekanan Hidrostatik**

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh berat dari kolom fluida pemboran dalam keadaan statis. Persamaan yang digunakan untuk menentukan tekanan hidrostatik adalah:

$$Ph = 0,052 \times MW \text{ lumpur} \times D$$

Keterangan:

- Ph = Tekanan hidrostatik, psi.
- MW = Mud weight, ppg.
- D = Kedalaman, ft.
- 0,052 = Faktor konversi.

**3) Tekanan Rekah Formasi**

Tekanan rekah formasi adalah tekanan dimana formasi mulai rekah apabila ada penambahan tekanan. Tekanan rekah formasi di lapangan dapat diketahui dengan melakukan *Leak Off Test* (LOT). LOT dilakukan dengan cara mengebor kira-kira 10-15 ft formasi dibawah casing shoe. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan tekanan rekah formasi adalah:

Tekanan rekah formasi:

$$Pft = (0,052 \times MW \times D) + P_{surface}$$

Berat lumpur maksimum:

$$MW_{MAX} = \frac{Pfr}{0,052 \times D}$$

Gradien rekah formasi:

$$Gfr = MW_{max} \times 0,052$$

Keterangan:

- Psurface = Tekanan Permukaan, psi.
- MW<sub>max</sub> = Berat lumpur maksimum, ppg.
- MW = Berat Lumpur, ppg.
- D = Kedalaman tegak, ft.

Pfr = Tekanan Rekah Formasi, psi.  
Gfr = Gradien rekah formasi, psi/ft.

Terjadinya *lost circulation* lumpur dapat diklasifikasikan menurut jumlah atau volumen lumpur yang hilang, yaitu:

- *Seepage Loss*
- *Partial Loss*
- *Total Loss*

### 3. Cara Menanggulangi *Lost Circulation*

Beberapa metode yang dilakukan untuk menanggulangi *lost circulation*, yaitu:

- a. Cara Penyumbatan Dengan LCM (*Lost Circulation Material*)
- b. Teknik Penyemenan
- c. *Blind Drilling*
- d. *Aerated Drilling*

## METODE PENELITIAN

Penulisan tugas akhir ini mengevaluasi penyebab hilang sirkulasi lumpur dengan metode perhitungan tekanan formasi, tekanan hidrostatik, BHCP, ECD, dan *pressure surge*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemboran sumur A terjadi *loss* kali yaitu pada kedalaman 6,611 ftTVD didapatkan tekanan rekah formasi 4.867,55 psi, tekanan formasi 3.334,59 psi, tekanan hidrostatik 3.437,8 psi, ECD 10,08 ppg, BHCP 3.466,14 psi, dan *pressure surge* 3.472,46 psi. Dan pada kedalaman 6,979 ftTVD, tekanan rekah formasi 5.138,11 psi, tekanan formasi 3.610,93 psi, tekanan hidrostatik 3.719,64 psi, ECD 10,36 ppg, nilai BHCP 3.760,02 psi, dan *pressure surge* 3.769,75 psi. Jika dibandingkan dari tekanan hidrostatik, ECD, BHCP, *pressure surge* maka tidak ada yang melebihi tekanan rekah formasi, sehingga penyebab dari hilang sirkulasi ini berasal dari faktor alamiah. Selanjutnya pada kedalaman 6.611 ftTVD dilakukan analisa dengan menurunkan MW menjadi 9,85 ppg, maka didapatkan perbedaan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik sebesar 51,71 psi, tekanan formasi dengan BHCP sebesar 79,97 psi, tekanan formasi dengan *pressure surge* sebesar 86,37 psi. Pada kedalaman 6.979 ftTVD dilakukan analisa dengan menurunkan MW menjadi 10,1 ppg, didapatkan perbedaan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik sebesar 54,28 psi, tekanan formasi dengan BHCP sebesar 94,66 psi, tekanan formasi dengan

*pressure surge* sebesar 59,92 psi. Pada kedalaman 6,611 ftTVD dilakukan penangganan spot LCM dua kali namun gagal sehingga dilakukan penyemenan untuk mengatasi *loss* tersebut. Selanjutnya pada kedalaman 6,979 ftTVD penangganan yang dilakukan yaitu melakukan penyemenan.

Pemboran sumur B didapatkan tekanan rekah pada kedalaman 6.234 ftTVD sebesar 5.204,63 psi, dengan tekanan formasi 3.144,43 psi, tekanan hidrostatik 3.241,6 psi, ECD 10,42 ppg, BHCP 3.377,27 psi, dan *pressure surge* 3.409,5 psi. Dapat dilihat bahwa nilai tekanan hidrostatik, ECD, BHCP, dan *pressure surge* tidak ada yang melebihi tekanan rekah formasi saat *loss* terjadi, sehingga penyebab dari hilang sirkulasi ini berasal dari faktor alamiah. Selanjutnya dilakukan analisa dengan menurunkan MW menjadi 9,85 ppg, maka didapatkan perbedaan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik sebesar 51,77 psi, tekanan formasi dengan BHCP sebesar 187,28 psi, tekanan formasi dengan *pressure surge* sebesar 219,67 psi. Pada sumur B dengan total *loss* melakukan penangganan dengan tiga kali spot LCM namun tetap tidak berhasil mengatasi hilang sirkulasi lumpur. Akhirnya diputuskan untuk dilakukan *blind drilling* agar dapat melewati zona hilang sirkulasi lumpur sehingga permasalahan ini dapat teratasi.

Pemboran sumur C didapatkan tekanan rekah pada kedalaman 6.920 ftTVD 5.665,36 psi, tekanan formasinya 3.130,61 psi, tekanan hidrostatiknya 3.3238,4 psi, ECD 12,35 ppg, BHCP 4.445,1 psi, dan *pressure surge* 3.741,27 psi. dan pada kedalaman 7.320 ftTVD sebesar. Dan kedalaman 7.320 ftTVD, tekanan rekahnya 5.993,09 psi, tekanan formasinya 3.387,7 psi, tekanan hidrostatiknya 3.501,85 psi, ECD 12,15 ppg, BHCP 4.624,09 psi, dan *pressure surge* 3.856,76 psi. Dapat dilihat bahwa nilai tekanan hidrostatik, ECD, BHCP, dan *pressure surge* tidak ada yang melebihi tekanan rekah formasi saat *loss* terjadi, sehingga penyebab dari hilang sirkulasi ini berasal dari faktor alamiah. Selanjutnya dilakukan Selanjutnya pada kedalaman 6.920 ftTVD dilakukan analisa dengan menurunkan MW menjadi 8,85 ppg, maka didapatkan perbedaan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik 53,79 psi, tekanan formasi dengan BHCP 1.247,46 psi, tekanan formasi dengan *pressure surge* 556,66 psi. Pada kedalaman 7.320 ftTVD dilakukan analisa dengan menurunkan MW menjadi 9,05 ppg, didapatkan perbedaan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik 57,05 psi, tekanan

formasi dengan BHCP 1.167,45 psi, tekanan formasi dengan *pressure surge* 411,96 psi. Penanganan yang dilakukan pada sumur C yaitu dimasukkannya LCM kedalam sistem lumpur untuk dapat mengatasi permasalahan *lost circulation* dan tetap dapat melanjutkan pemboran untuk mencapai kedalaman akhir dari pemboran di sumur C ini.

Biaya pada sumur A yang dikeluarkan untuk menanggulangi *lost circulation* sebesar US\$ 330,146, pada sumur B didapatkan biaya total sebesar US\$ 501,447,72, dan pada sumur C didapatkan total biaya sebesar US\$ 247,898.

## KESIMPULAN

1. Pada sumur A, B, dan C faktor mekanis seperti tekanan hidrostatik, BHCP, dan *pressure surge* masih berada dibawah tekanan rekah formasi, sehingga bukan menjadi penyebab dari masalah hilang sirkulasi lumpur.
2. Dengan cara menurunkan MW dari 10 ppg menjadi 9,85 ppg dapat mengurangi perbedaan tekanan antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik dari 103,21 psi menjadi 51,71 psi, tekanan formasi dengan BHCP dari 131,55 menjadi 79,97 psi, dan tekanan formasi dengan *pressure surge* dari 137,87 psi menjadi 86,37 psi sehingga diharapkan dapat mengurangi permasalahan hilang sirkulasi.
3. Penanganan *loss* di sumur A pada kedalaman 6.611 ft dilakukan dengan dua kali penyumbatan LCM namun gagal sehingga *loss* baru berhasil ditanggulangi setelah melakukan penyumbatan *cementing*. Pada kedalaman 6.979 ft *loss* ditanggulangi dengan penyumbatan *cementing*.
4. Penanganan *loss* di sumur B dilakukan dengan penyumbatan LCM sebanyak tiga kali namun masih gagal sehingga dilakukan *blind drilling* untuk dapat mengatasi masalah hilang sirkulasi lumpur.
5. Penanganan *loss* di sumur C dilakukan dengan memasukkan 35 bbl LCM 15 ppb CaCO<sub>3</sub> kedalam sistem lumpur sehingga pemboran dapat terus berjalan dengan tetap mengatasi masalah hilang sirkulasi lumpur.
6. Berdasarkan perhitungan biaya maka penanganan pada sumur C lebih rendah yaitu sebesar US\$ 247,898 dibandingkan dengan sumur A sebesar US\$ 330,146 dan sumur B sebesar US\$ 501,447,72 karena sumur A melakukan penanganan dengan LCM dan *cementing*, dan sumur B melakukan penanganan dengan LCM dan *blind drilling* sedangkan sumur C hanya menanggapi dengan LCM.

## DAFTAR PUSTAKA

1. AADE. 2014. "Review of Lost Circulation Materials and Treatments with an Updated Classification", Guston, Texas.
2. Teknik Perminyakan, FTKE. "Penuntun Praktikum Laboratorium Konservasi Peralatan Bor & Produksi". Jakarta: Universitas Trisakti.
3. Jurusan Teknik Perminyakan. 2001. "Penuntun Praktikum Teknik Lumpur Pemboran, Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi". Jakarta.
4. PT PERTAMINA EP. 2010. "Final Well Report". Unpublished, Jakarta, Indonesia.
5. PT PERTAMINA EP. 2010. "Drilling Program". Unpublished, Jakarta, Indonesia.
6. Rabia H. 1985. "Oil Well Drilling Engineering Principles and Practices". Graham Trotman, New Castle: University of New Castle Upon Tyne Graham Trotman
7. Rubiandini, Rudi. 2012. "Teknik Operasi Pemboran". Bandung: Departemen Teknik Perminyakan, ITB.
8. Rubiandini, Rudi. 2012. *Teknik Pemboran Lanjut*. Bandung: Departemen Teknik Perminyakan, ITB.
9. Hidayat, Pradiko Zulitama. 2015. "Analisis Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y PT Pertamina EP". Tugas Akhir. Jakarta.
10. Candra, Doni. 2013. *Lost Circulation*. [http://kulitambangdsf.blogspot.co.id/2013/07/lost-circulation\\_22.html](http://kulitambangdsf.blogspot.co.id/2013/07/lost-circulation_22.html)
11. SPE International. 2015. *Lost Circulation*. [http://petrowiki.org/Lost\\_circulation](http://petrowiki.org/Lost_circulation)
12. Schlumberger Oilfield Glossary. *Lost Circulation Material*. [http://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/l/lost-circulation\\_material.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/l/lost-circulation_material.aspx)