

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Hilang lumpur (*Lost circulation*) adalah peristiwa hilangnya lumpur pemboran melalui lubang bor ke formasi yang mempunyai porositas yang besar, gua-gua, rekahan dan adanya patahan. Hilang lumpur ini dapat terjadi apabila tekanan hidrostatis lumpur melebihi tekanan formasi ( $P_h > P_f$ ), sedangkan *mud cake* yang terbentuk tidak mampu untuk menahan berat lumpur (SG), sehingga lumpur mengalir ke dalam formasi.

Pada sumur RS-1 dan RS-2 ini terjadi beberapa *loss circulation* di beberapa lapisan/formasi pada sumur RS-1 dan RS-2, adapun lapisan yang mengalami *loss circulation* pada sumur-sumur diatas adalah BK 2970' Sand, formasi BKS 2830' Sand dan formasi BK 3050' Sand, berdasarkan karakteristik reservoirnya lapisan-lapisan tersebut memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi yaitu berkisar antara 18% - 30% dan permeabilitas sebesar 2 darcy.

#### 4.1. Data hilang lumpur pada sumur RS- 1 dan RS- 2

Selama pemboran berlangsung terjadi *lost circulation* sebanyak empat (4) kali pada sumur (RS- 1) sedangkan untuk sumur (RS-2) terjadi *loss* sebanyak tiga (3) kali. Formasi yang mengalami *loss* terdapat pada formasi Bangko yaitu pada 2970' Sand untuk sumur (RS-1) sedangkan untuk sumur (RS-2) terjadi *loss* pada formasi Bangko yaitu 3050' sand.

**Tabel 4.1** Interval Hilang Lumpur pada Sumur RS- 1 dan RS- 2

Sumur	Interval kedalaman (TVD) ft	Besarnya Loss Bph		Jenis loss	MW
		Dinamis	Statis		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
RS- 1	6055,00 – 6055.40	170	-	Total Loss	9.3
	6085,00 – 6085.83	150	-	Total Loss	9.6

Lanjutan **Tabel B IV-1**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	6325.42 - 6355.49	-	450-570	Total Loss	8.8
	6355.49 – 6385.97	-	330-390	Total Loss	8.5
RS- 2	6090 -6120	210	140	Parsial	9.2
	6120 -6150	210	-	Parsial	9.2
	6150 -6180.00	150-210	-	Parsial	9.2

Pada tabel dapat dilihat Sumur RS-1 pada kedalaman 6355.49-6385.97 terjadi *loss* dengan jenis *loss* adalah *total loss*. *Loss* terjadi dalam bentuk statis dengan nilai 330-390 bbl/jam dan nilai *Mud weight* nya sebesar 8.5 ppg.

sumur RS-2 pada kedalaman 6180-6150 terjadi *loss* dengan jenis *loss* adalah *parsial loss*. *Loss* terjadi dalam bentuk Dinamis dengan nilai 150-210 bbl/jam dengan nilai *Mud Weight* nya sebesar 9.2 ppg.

Untuk hilang Lumpur pada interval kedalaman lainnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

#### 4.2. Pelaksanaan Penanganan Lost Circulation pada Sumur RS- 1 dan RS- 2

Penanggulangan yang dilakukan di lapangan untuk mengatasi *Lost Circulation* pada setiap interval kedalaman adalah sebagai berikut :

##### A. Untuk Sumur RS- 1

1) Interval kedalaman : 10180ftMD (6055,00 ft TVD) – 10210ft MD (6055.40 ft TVD)

Jenis loss : Total Loss

Jenis lumpur : Flow Pro

Penanganannya :

- Selama pemboran berlangsung tidak terjadi aliran lumpur balik ke permukaan. Penanganannya pertama-tama cabut rangkaian sampai *casing shoe* sambil mengisi sumur dengan fluida lewat annulus, lalu amati sumur dan terjadi *loss* sebesar 180

bbl/jam. Memonitor *loss* dengan mencampurkan LCM (*nut plug*) dan diturunkan sampai dasar sumur dan dilanjutkan lagi dengan SPOOT (lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan menggunakan LCM (*nut plug*) sebesar 20 bbl, kemudian angkat rangkaian sampai 5 stands lalu amati sumur dan rata-rata *loss*nya berkurang menjadi 20 bbl/jam. Amati sumur sambil menunggu lumpur chemical Flow Pro ternyata *loss*nya berkurang lagi menjadi 10 bbl/jam. Menurunkan rangkaian sampai casing shoe dan dilanjutkan dengan SPOOT (lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan menggunakan 15 bbl LCM (*nut plug*) dan *loss* berkurang lagi menjadi 4 ½ bbl/jam. Mengangkat rangkaian sampai 5 stands dan amati sumur, rata-rata *loss*nya menjadi 2 bbl/jam. Turunkan rangkaian kedalam lubang dan di lanjutkan dengan mengebor lagi.

2) Interval kedalaman : 10380ft MD (6085.00 ft TVD) – 10535ft MD (6085.83 ft TVD)

Jenis *loss* : Total Loss

Jenis lumpur : Flow Pro

Penanganannya :

- Selama operasi pemboran sumur lumpur tidak kembali ke permukaan (*no return*), dengan *loss statik* sebesar 150 bbl/jam. Penanganannya pertama-tama di pompa dengan menggunakan 25 bbl LCM (*Nut plug*) sampai dasar sumur, lalu dilanjutkan dengan menarik rangkaian sampai *casing shoe* dan dilanjutkan dengan memperbaiki lumpur dengan mencampurkan 800 bbl lumpur Flow Pro dan dilanjutkan dengan mengebor lagi.

3) Interval kedalaman : 10956 ft MD (6325.42 ft TVD) – 11.097ft MD (6355.49 ft TVD)

Jenis *loss* : Total Loss

Jenis lumpur : Flow Pro

Penanganannya :

- Selama operasi pemboran sumur, lumpur pemboran tidak mengalir ke Permukaan (*no return*) atau telah terjadi *total loss* dengan *loss dinamik* sebesar 7-9 bbl/mnt. Penanganannya pertama-tama dipompa dengan menggunakan 25 bbl LCM ( $\text{CaCO}_3$ ) sampai dasar sumur, lalu dilanjutkan dengan menarik rangkaian sampai *casing shoe*, amati sumur dan *loss* berkurang menjadi 2bbl/jam. Turunkan rangkaian lagi ke bawah dan dilanjutkan lagi operasi pemborannya.

4) Interval kedalaman : 10967 ft MD (6355.49 ft TVD) – 11678 ft MD (6385.97 ftTVD)

Jenis loss : Total Loss

Jenis lumpur : Flow Pro

Penanganannya :

- Selama Pemboran lumpur tidak mengalir ke permukaan (*no return*) atau telah terjadi *total loss*, dengan *loss statiknya* sebesar 5-6 bbl/mnt. Penanganannya pertama-tama angkat rangkaian sampai 2 stands, lalu di teruskan dengan SPOT (lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan menggunakan 30 bbl LCM ( $\text{CaCO}_3$ ) dan dilanjutkan dengan mencabut 6 1/8 Bit dan BHA *Streerable Assy*.

## B. Untuk Sumur RS- 2

1) Interval kedalaman : 10360ft MD(6090 ft TVD) – 10740ft MD(6120 ft TVD)

Jenis loss : Partial Loss

Jenis lumpur : Low PH Desco

Penanganannya :

- Selama operasi pemboran terjadi *loss dinamik* sebesar 60 bbl/jam. Pertama-tama sumur dibersihkan dengan menggunakan campuran 30 bbl  $\text{CaCO}_3$  Pill dengan beberapa fracseal kedalam sistem. Dengan Bertambahnya kedalaman maka rata-rata *loss* menjadi 180 bbl/jam (dinamik) dan 110 bbl/jam (statik). Dilanjutkan dengan mengamati sumur dengan mensirkulasikan lumpur dengan mencampurkan 50 bbl  $\text{CaCO}_3$  dengan konsentrasi 40 PPB. SPOOT (lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan menggunakan 50 bbl  $\text{CaCO}_3$  Pill sampai dasar. Cabut rangkaian sampai permukaan dengan perlahan-lahan dan

terjadi penyempitan pada kedalaman 7510 TMD lalu di *Backream* pada kedalaman 7510 TMD – 7200 TMD dengan menggunakan pompa dengan rata-rata sebesar 50 spm dan dilanjutkan dengan mencabut rangkaian keatas sampai kedalaman 7100 TMD (statik), lalu amati sumur (dalam keadaan statik) dan sirkulasi sumur dari bawah ke atas dan diteruskan dengan menurunkan rangkaian sampai dasar sumur dan dilanjutkan mengebor lagi.

2) Interval kedalaman : 10740ft MD (6120 ft TVD) – 10876ft MD (6150 ft TVD)

Jenis loss : Partial Loss

Jenis lumpur : Low PH Desco

Penanganannya :

- Selama operasi pemboran telah terjadi *loss* sebesar 210 bbl/jam. Pertama-tama mensirkulasikan lumpur dari bawah keatas sampai kepermukaan. SPOOT(lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan menggunakan 90 bbl CaCo<sub>3</sub> LCM Pills sampai bawah dengan konsentrasi sebesar 40 ppb, dilanjutkan dengan mencabut Bit dan BHA sampai *casing shoe* lalu amati sumur dan *loss* berkurang menjadi 16 bbl/jam. Angkat rangkaian 8 ½ Bit dan BHA sampai permukaan amati sumur dan *loss* berkurang menjadi 3 bbl. Turunkan 8 ½ Bit, A675 M *Power Pack motor* (1,5 BH), ARC-6 dan MWD lalu dilanjutkan mengebor lagi.

3) Interval kedalaman : 10876ft MD (6150 ft TVD) – 10924ft MD ( 6180 ft TVD)

Jenis loss : Partial Loss

Jenis lumpur : Low PH Desco

Penanganannya :

- Selama operasi pemboran telah terjadi *loss* dengan rata-rata *loss* (dinamik) sebesar 150-210 bbl/jam. Pertama-tama sirkulasi lumpur dari bawah keatas lalu dilanjutkan dengan memompa dengan menggunakan 90 bbl CaCo<sub>3</sub> LCM Pill sampai bawah, amati sumur dan *loss* berkurang menjadi 90 bbl/jam. Sirkulasi lagi dari bawah ke atas dan dilanjutkan dengan SPOOT (lumpur tidak disirkulasikan ke permukaan atau ditinggal di dalam sumur) dengan

menggunakan 80 bbl  $\text{CaCO}_3$  LCM Pills lalu diteruskan dengan mencabut Bit 8 ½ dan BHA sampai *casing shoe*, amati sumur dan *loss* menjadi 36 bbl/jam dan dilanjutkan lagi dengan mencabut Bit 8 ½ dan BHA *loss* menjadi 30 bbl/jam lalu sumur di *casing*.

### 4.3. Perhitungan dan Analisa

Perhitungan dan Analisa yang digunakan untuk menangani *lost circulation* pada sumur RS-1 dan RS- 2 meliputi : Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur, Perhitungan Densitas Lumpur Baru, Perhitungan Tekanan Formasi (Pf), Perhitungan Tekanan Rekah Formasi (P<sub>frc</sub>), Perhitungan *Equivalent Circulating Density* (ECD) dan Perhitungan *Bottom Hole Circulating Pressure* (BHCP).

#### 4.3.1. Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur Saat Loss

##### a. Sumur RS-1 :

Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur saat terjadi *loss* Pada sumur RS-1 dengan kedalaman interval 6355.49 ft dan densitas lumpur yang digunakan saat *loss* 8.8 ppg, dapat dihitung tekanan hidrostatik lumpur saat terjadinya *loss* sebesar 2908.272 psi. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.1.

##### b. Sumur RS-2 :

Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur saat terjadi *loss* Pada sumur RS-2 dengan kedalaman interval 6180 ft dan densitas lumpur yang digunakan saat *loss* 9.2 ppg, dapat dihitung tekanan hidrostatik lumpur saat terjadinya *loss* sebesar 2956.512 psi. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.2.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur pada saat *Loss* pada Sumur RS-1 dan RS-2

Sumur RS-1 (ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	Ph Saat Loss (ppg)	Kedalaman Sumur RS- 2 (ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	Ph Saat Loss (ppg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
6055.00	9,3	2928.198	5880.00	9,2	2812.992
6085.00	9,6	3037.632	5910.00	9,2	2827.344
6115.00	9,6	3052.608	5940.00	9,2	2841.696
6145.00	9,6	3067.584	5970.00	9,2	2856.048
6175.00	9,6	3082.560	6000.00	9,2	2870.400
6205.00	9,6	3097.536	6030.00	9,2	2884.752
6235.00	9,8	3177.356	6060.00	9,2	2899.104
6265.37	9,8	3192.833	6090.00	9,2	2913.456
6295.40	8,9	2913.511	6120.00	9,2	2927.808
6325.42	8,8	2894.512	6150.00	9,2	2942.160
6355.49	8,8	2908.272	6180.00	9,2	2956.512
6385.97	8,5	2822.599	6210.00	8,5	2744.820

#### 4.3.2. Perhitungan Tekanan Rekah Formasi

##### a. Sumur RS-1 :

Perhitungan tekanan rekah formasi untuk Sumur RS-1 pada interval kedalaman 6355.49 ft yang terjadi *loss*, dengan densitas lumpur saat *loss* 8.8 ppg, dan tekanan permukaan (LOT) 420psi. Dapat dihitung tekanan formasi mulai retak ( $P_{frc}$ ) sebesar 3328.272 psi , berat lumpur maksimum (EMW) 10.071 ppg serta tekanan formasi ( $P_f$ ) 1814.663 Psi. Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur baru yang akan dilakukan harus bisa mengimbangi tekanan formasi, tetapi tidak boleh melebihi tekanan rekah formasi. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.3.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Perhitungan Tekanan (Pf dan P<sub>frc</sub>) pada Sumur RS-1

Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	P <sub>frc</sub> (Psi)	p <sub>max</sub> (ppg)	G <sub>frc</sub> (psi/ft)	G <sub>f</sub> (psi/ft)	P <sub>f</sub> (psi)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6055.00	9.3	3348.198	10.634	0.553	0.329	1994.797
6085.00	9.6	3457.632	10.927	0.568	0.352	2143.948
6115.00	9.6	3472.608	10.921	0.568	0.352	2151.412
6145.00	9.6	3487.584	10.914	0.568	0.351	2158.876
6175.00	9.6	3502.560	10.908	0.567	0.351	2166.340
6205.00	9.6	3517.536	10.902	0.567	0.350	2173.804
6235.00	9.8	3597.356	11.095	0.577	0.365	2278.534
6265.37	9.8	3612.833	11.089	0.577	0.365	2286.564
6295.40	8.9	3333.511	10.183	0.530	0.294	1852.567
6325.42	8.8	3314.512	10.077	0.524	0.286	1809.058
6355.49	8.8	3328.272	10.071	0.524	0.286	1814.663
6385.97	8.5	3242.599	9.765	0.508	0.262	1670.913

b. **Sumur RS-2 :**

Perhitungan tekanan rekah formasi untuk Sumur RS-2 pada interval kedalaman 6180 ft yang terjadi *loss*, dengan densitas lumpur saat *loss* 9.2 ppg, dan tekanan permukaan (LOT) 420psi. dapat dihitung tekanan formasi mulai retak (P<sub>frc</sub>) sebesar 3376.512 psi, berat lumpur maksimum (EMW) 10.507 ppg serta tekanan formasi (P<sub>f</sub>) 1974.768 Psi. Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur baru yang akan dilakukan harus bisa mengimbangi tekanan formasi, tetapi tidak boleh melebihi tekanan rekah formasi. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.3.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Perhitungan Tekanan (Pf dan P<sub>frc</sub>) pada Sumur RS-2

Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	P <sub>frc</sub> (Psi)	p <sub>max</sub> (ppg)	G <sub>fr</sub> (psi/ft)	G <sub>f</sub> (psi/ft)	P <sub>f</sub> (psi)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5880.00	9.2	3232.992	10.574	0.550	0.325	1909.488
5910.00	9.2	3247.344	10.567	0.549	0.324	1916.016
5940.00	9.2	3261.696	10.560	0.549	0.324	1922.544
5970.00	9.2	3276.048	10.553	0.549	0.323	1929.072
6000.00	9.2	3290.400	10.546	0.548	0.323	1935.600
6030.00	9.2	3304.752	10.539	0.548	0.322	1942.128
6060.00	9.2	3319.104	10.533	0.548	0.322	1948.656
6090.00	9.2	3333.456	10.526	0.547	0.321	1955.184
6120.00	9.2	3347.808	10.520	0.547	0.321	1961.712
6150.00	9.2	3362.160	10.513	0.547	0.320	1968.240
6180.00	9.2	3376.512	10.507	0.546	0.320	1974.768
6210.00	8.5	3164.820	9.801	0.510	0.264	1642.230

#### 4.3.3. Analisa Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur Baru

Tekanan hidrostatik lumpur yang akan dibuat harus bisa mengimbangi tekanan formasi, oleh karena itu berat lumpur yang akan dibuat harus dijaga supaya tekanan hidrostatik lumpur bisa mengimbangi tekanan formasi. Perbandingan antara tekanan hidrostatik lumpur dengan tekanan formasi harus sesuai dengan batas toleransi yang diijinkan yaitu dengan *safety faktor* (SF) sebesar 2-10%.

##### a. Sumur RS- 1 :

Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur baru pada sumur RS-1 pada interval kedalaman 6355.49 ft, dengan densitas lumpur saat *loss* 8.8 ppg dan ditambah dengan *safety faktor* 7%. Diperoleh hasil tekanan hidrostatik lumpur baru sebesar 1941.689 psi. Dari data ini dapat dilihat tekanan hidrostatik lumpur baru lebih kecil dr tekanan hidrostatik lumpur saat terjadinya *loss*, tetapi masih

bisa mengimbangi tekanan formasi dan tidak melebihi dari tekanan rekah formasi. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.5.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Perhitungan Tekanan (Pf, Ph, Pfr) dan Densitas Lumpur Lama dan Lumpur Baru Sumur (RS- 1)

Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	Ph Saat loss (psi)	Pfr (Psi)	Pf (psi)	Ph Baru (psi)
6055.00	9.3	2928.198	3348.198	1994.797	2134.433
6085.00	9.6	3037.632	3457.632	2143.948	2294.024
6115.00	9.6	3052.608	3472.608	2151.412	2302.011
6145.00	9.6	3067.584	3487.584	2158.876	2309.997
6175.00	9.6	3082.560	3502.560	2166.340	2317.984
6205.00	9.6	3097.536	3517.536	2173.804	2325.970
6235.00	9.8	3177.356	3597.356	2278.534	2438.031
6265.37	9.8	3192.833	3612.833	2286.564	2446.623
6295.40	8.9	2913.511	3333.511	1852.567	1982.247
6325.42	8.8	2894.512	3314.512	1809.058	1935.692
6355.49	8.8	2908.272	3328.272	1814.663	1941.689
6385.97	8.5	2822.599	3242.599	1670.913	1787.877

**b. Sumur RS- 2 :**

Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur baru pada sumur RS-2 pada interval kedalaman 6180 ft, dengan densitas lumpur saat *loss* 9.2 ppg dan ditambah dengan *safety factor* 7%. Diperoleh hasil tekanan hidrostatik lumpur baru sebesar 2113.002 psi. Dari data ini dapat dilihat tekanan hidrostatik lumpur baru lebih kecil dr tekanan hidrostatik lumpur saat terjadinya *loss*, tetapi masih bisa mengimbangi tekanan formasi dan tidak melebihi dari tekanan rekah formasi.. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.6.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Perhitungan Tekanan (Pf, Ph, P<sub>frc</sub>) dan Densitas Lumpur Lama dan Lumpur Baru. Sumur (RS- 2)

Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	Ph Saat loss (psi)	P <sub>frc</sub> (Psi)	Pf (psi)	Ph Baru (psi)
5880.00	9.2	2812.992	3232.992	1909.488	2043.152
5910.00	9.2	2827.344	3247.344	1916.016	2050.137
5940.00	9.2	2841.696	3261.696	1922.544	2057.122
5970.00	9.2	2856.048	3276.048	1929.072	2064.107
6000.00	9.2	2870.400	3290.400	1935.600	2071.092
6030.00	9.2	2884.752	3304.752	1942.128	2078.077
6060.00	9.2	2899.104	3319.104	1948.656	2085.062
6090.00	9.2	2913.456	3333.456	1955.184	2092.008
6120.00	9.2	2927.808	3347.808	1961.712	2099.032
6150.00	9.2	2942.160	3362.160	1968.240	2106.017
6180.00	9.2	2956.512	3376.512	1974.768	2113.002
6210.00	8.5	2744.820	3164.820	1642.230	1757.186

#### 4.3.4. Densitas Lumpur Baru Berdasarkan Tekanan Hidrostatik Lumpur

##### a. Sumur RS- 1 :

Perhitungan densitas lumpur baru berdasarkan tekanan hidrostatik lumpur baru pada sumur RS-1 dengan interval kedalaman 6355.49 ft, dengan densitas lumpur saat *loss* 8.8 ppg. Diperoleh nilai dari densitas lumpur baru sebesar 5.875 ppg. Dari data diatas diketahui densitas lumpur baru lebih kecil dari densitas lumpur saat terjadinya *loss*. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.7.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

##### b. Sumur RS- 2 :

Perhitungan densitas lumpur baru berdasarkan tekanan hidrostatik lumpur baru pada sumur RS-2 dengan interval kedalaman 6180 ft, dengan densitas lumpur saat *loss* 9.2 ppg. Diperoleh nilai dari densitas lumpur baru sebesar 6.575 ppg. Dari data diatas diketahui densitas lumpur baru lebih kecil dari densitas lumpur saat terjadinya *loss*. Untuk perhitungan lebih rincinya dapat dilihat pada lampiran 4.7.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Perhitungan Densitas Lumpur Barupada Sumur RS-1 dan RS-2

Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	p.baru (ppg)	Kedalaman (Ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	p.baru (ppg)
6055.00	9.3	6.779	5880.00	9.2	6.682
6085.00	9.6	7.250	5910.00	9.2	6.671
6115.00	9.6	7.239	5940.00	9.2	6.660
6145.00	9.6	7.229	5970.00	9.2	6.649
6175.00	9.6	7.219	6000.00	9.2	6.638
6205.00	9.6	7.209	6030.00	9.2	6.627
6235.00	9.8	7.520	6060.00	9.2	6.617
6265.37	9.8	7.510	6090.00	9.2	6.606
6295.40	8.9	6.055	6120.00	9.2	6.596
6325.42	8.8	5.885	6150.00	9.2	6.585
6355.49	8.8	5.875	6180.00	9.2	6.575
6385.97	8.5	5.384	6210.00	8.5	5.442

#### 4.3.5. Perhitungan ECD dan BHCP

*Equivalent Circulation Density* (ECD) adalah densitas lumpur pada saat sirkulasi sedangkan *Bottom Hole Circulation Pressure* (BHCP) adalah tekanan lubang bor pada saat sirkulasi lumpur yang besarnya sama dengan tekanan hidrostatik lumpur ditambah dengan kehilangan tekanan di annulus.

##### a. perhitungan ECD dan BHCP pada sumur RS- 1 kedalaman 6355,49 ft

perhitungan ECD dan BHCP pada sumur RS-1 pada kedalaman 6355.49 dengan menggunakan BHA 6 1/8 “STEER ASSY” dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel 4.8** BHA 6 1/8 “STEER ASSY”

BHA	Jts	Panjang Ft	OD inchi	ID Inchi
BIT, M-76 PX	1	0,66	6,125	-
POWER PACK	1	22,33	4,75	-
FLOAT SUB	1	1,48	4,75	2,25
51/8 STING STAB	1	3,1	4,75	2,25
MWD TOOL	1	35,08	4,75	2,25
NON MAG DRILL COLLAR	1	31,1	4,75	2,25
NOnN MAG HWDP	1	30,08	3,5	2,25
Drill Pipe1		6445	3,5	2,25
Drill Pipe2		68,17	3,5	2,25

Perhitungan *Equivalent circulation density* (ECD) dan *Bottom hole circulation pressure* (BHCP) sumur RS-1 pada kedalaman 6355.49 ft yang terjadi *loss*, dengan menggunakan rangkaian BHA 6 1/8 “*steer assy*” (dapat dilihat pada tabel 4.8), diperoleh nilai kecepatan aliran Lumpur di annulus ( $V_a$ ) sebesar 2654.229 ft/mnt, kecepatan aliran kritis di annulus ( $V_c$ ) sebesar 3622.013 ft/mnt, kehilangan tekanan total ( $\Delta P$  total) sebesar 166.672 psi, nilai ECD sebesar 6.379 ppg dan nilai BHCP sebesar 2108.274 psi. Dari data tersebut dapat diketahui nilai  $V_a < V_c$  sehingga jenis aliran pada kedalaman ini adalah aliran laminar. Untuk perhitungan lebih rinci pada kedalaman ini dapat dilihat pada lampiran 4.9.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Perhitungan *Equivalent Circulation Density (ECD)* dan *Bottom Hole circulation Pressure* pada Sumur RS-1

Kedalaman (ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	PV Cp	YP (lb/100ft)	C300	C600	N	K	Rate Gpm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
6055.00	9,3	16	15	31	47	0,600	0,735	608,160
6085.00	9,6	17	15	32	49	0,614	0,694	278,740
6115.00	9,6	17	15	32	49	0,614	0,694	278,740
6145.00	9,6	17	15	32	49	0,614	0,694	278,740
6175.00	9,6	17	15	32	49	0,614	0,694	278,740
6205.00	9,6	17	15	32	49	0,614	0,694	278,740
6235.00	9,8	18	15	33	51	0,628	0,658	304,080
6265.37	9,8	18	15	33	51	0,628	0,658	304,080
6295.40	8,9	11	26	37	48	0,375	3,563	250,810
6325.42	8,8	11	26	37	48	0,375	3,563	245,800
6355.49	8,8	11	26	37	48	0,375	3,563	245,800
6385.97	8,5	11	26	37	48	0,375	3,563	245,800

Dh Inchi	ID Csg inchi	Va (ft/mnt)	Vc (ft/mnt)	$\Delta p$ total (psi)	ECD (ppg)	BHCP (psi)
8,500	9,625	6,571,583	5,088,128	83.480	7.044	2217.916
8,500	9,625	2,729,487	4,629,650	61.770	7.445	2355.815
8,500	9,625	2,729,487	4,629,650	62.087	7.434	2363.944
8,500	9,625	2,729,487	4,629,650	63.175	7.427	2373.130
8,500	9,625	2,729,487	4,629,650	64.541	7.420	2382.562
8,500	9,625	2,729,487	4,629,650	66.617	7.415	2392.673
8,500	9,625	2,977,622	4,139,723	73.831	7.748	2511.965
8,500	9,625	2,977,622	4,139,723	74.580	7.739	2521.332
6,125	7	2,465,119	3,185,387	163.757	6.555	2145.927
6,125	7	2,654,229	3,622,013	164.139	6.384	2099.844
6,125	7	2,654,229	3,622,013	166.672	6.379	2108.274
6,125	7	2,654,229	3,700,155	170.211	5.897	1958.078

**b. Perhitungan ECD dan BHCP pada sumur RS- 2 kedalaman 6180 ft.**

perhitungan ECD dan BHCP pada sumur RS-2 pada kedalaman 6180 ft dengan menggunakan BHA 8 1/2 “STEER ASSY” dapat dilihat pada tabel 4.10.

**Tabel 4.10 BHA 8 1/2 HS ASSEMBLY**

BHA	Jts	Panjang Ft	OD Inchi	ID Inchi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
BIT	1	0,8	8,5	-
POWER PAK	1	25,34	6,75	3
FLOAT SUB	1	1,78	6,5	3
ARC 6	1	19,25	6 9/10	3
MWD	1	27,24	6,75	3
NMDC	1	31,1	6,75	2 4/5
NMHWDP	1	29,45	5	3
3X HWDP	3	92,38	5	3
JAR	1	32,31	6,5	2,75
17X HWDP	17	522,94	5	3
ACCELERATOR JAR	1	31,84	6,5	2,75
2X HWDP	2	61,7	5	3
Drill Pipe1		2885	5	3
Drill Pipe2		2982,87	5	3

Perhitungan *Equivalent circulation density* (ECD) dan *Bottom hole circulation pressure* (BHCP) sumur RS-2 pada kedalaman 6180 ft yang terjadi loss, dengan data-data pada keterangan diatas dan menggunakan rangkaian BHA 8 1/2 “*steer assy*” (dapat dilihat pada tabel 4.10), diperoleh nilai kecepatan aliran Lumpur di annulus ( $V_a$ ) sebesar 5949.591 ft/mnt, kecepatan aliran kritis di annulus ( $V_c$ ) sebesar 4032.461 ft/mnt, kehilangan tekanan total ( $\Delta P$  total) sebesar 113.860 psi, nilai ECD sebesar 6.929 ppg dan nilai BHCP sebesar 2226.802 psi.

Dari data tersebut dapat diketahui nilai  $V_a > V_c$  sehingga jenis aliran pada kedalaman ini adalah aliran turbulen. Untuk perhitungan lebih rinci pada kedalaman ini dapat dilihat pada lampiran 4.11.

Untuk perhitungan pada interval kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Perhitungan *Equivalent Circulation Density (ECD)* dan *BottomHole circulation Pressure* pada Sumur RS-2

Kedalaman (ft)	Densitas lumpur saat loss (ppg)	PV cp	YP (lb/100ft)	C300	C600	N	K	Rate Gpm
5880.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	600
5910.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
5940.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
5970.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6000.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6030.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6060.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6090.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6120.00	9,2	17	16	33	50	0,599	0,787	650
6150.00	9,2	15	13	28	43	0,619	0,591	650
6180.00	9,2	15	13	28	43	0,619	0,591	650
6210.00	8,5	9	62	71	80	0,172	24,277	300

Dh Inchi	ID Csg Inchi	Va (ft/mnt)	Vc (ft/mnt)	$\Delta p$ total (psi)	ECD (ppg)	BHCP (Psi)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
8,5	9,625	5,814,520	4,896,698	80.360	6.945	2123.448
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	93.850	6.976	2143.982
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	95.860	6.970	2153.001
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	96.070	6.958	2160.186
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	97.250	6.950	2168.306
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	98.490	6.941	2176.452
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	99.730	6.933	2184.879
8,5	9,625	6,299,063	4,896,698	101.010	6.925	2192.998
8,5	9,625	5,949,591	4,573,712	114.590	6.956	2213.701
8,5	9,625	5,949,591	4,032,461	112.110	6.936	2217.993
8,5	9,625	5,949,591	4,032,461	113.860	6.929	2226.802
6,125	7,000	4,799,680	8,499,419	28.390	5.530	1785.721

#### 4.4. Evaluasi Penanggulangan Hilang Lumpur Pada Sumur RS-1 Dan RS-2.

Hilang lumpur (*Lost Circulation*) yang terjadi pada sumur (RS-1) dan (RS-2) berlangsung pada saat pemboran menembus formasi BK 2970' Sand dan formasi BKS 2830' Sand pada sumur (RS-1), BK 3050' Sand pada sumur (RS-2). Formasi ini mempunyai litologi yang terdiri dari batu gamping dan batu pasir yang mempunyai porositas *vugy* (*Convernous*), terdapat rekahan-rekahan yang terbentuk secara alami (*natural fractured*) dan terdapat gua-gua pada beberapa titik kedalaman. Pada saat pemboran menembus daerah ini maka hilang lumpur (*lost circulation*) sering terjadi, sehingga densitas lumpur harus selalu dijaga agar tidak terlalu besar dengan tekanan formasi yang ditembus.

Metode penganggulangan yang dilakukan pada evaluasi penanggulangan hilang lumpur (*lost circulation*) pada sumur (RS-1) dan (RS-2) dengan menggunakan beberapa metode perhitungan, yaitu : Perhitungan densitas lumpur, Perhitungan tekanan hidrostatik lumpur pada saat *loss* dan pada saat lumpur baru, Perhitungan tekanan rekah formasi, Perhitungan *equivalen circulating density* (ECD) dan *bottom hole circulation pressure* (BHCP).

Penanggulangan hilang lumpur (*lost circulation*) pada sumur (RS-1) dan (RS-2) ditanggulangi dengan menggunakan LCM dengan jenis *Nut plug* dan *Calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ), dapat dilihat pada Tabel 4.12. Penanggulangan yang dilakukan sudah cukup baik, yaitu pada zona yang terjadi *loss* semua berhasil ditanggulangi walaupun masih ada kehilangan lumpur pada saat menembus formasi selanjutnya dan telah tercapainya target kedalaman yang diinginkan (zona produktif).

**Tabel 4.12** Penanggulangan *loss circulation* pada beberapa kedalaman.

Sumur	Interval kedalaman (TVD) ft	Penanggulangan
(1)	(2)	(3)
RS- 1	6055.00 - 6055.40	- SPOOT 20 BBL Nut plug - SPOOT 15 BBL Nut plug
	6085.00 – 6085.83	- Pompa 15 BBL Nut plug
	6325.42 - 6355.49	- Pompa 25 BBL LCM $\text{CaCO}_3$
	6355.49 - 6385.97	- SPOOT 30 BBL LCM $\text{CaCO}_3$
RS- 2	6090 -6120	- Pompa 30 BBL LCM $\text{CaCO}_3$ - SPOOT 50 BBL LCM $\text{CaCO}_3$
	6120 -6150	- SPOOT 90 BBL LCM $\text{CaCO}_3$
	6150 -6180	- Pompa 90 BBL LCM $\text{CaCO}_3$ - SPOOT 80 BBL LCM $\text{CaCO}_3$

Pemboran sumur-sumur RS-1 dan RS-2 merupakan pemboran berarah (*directional drilling*) yang merupakan sumur pengembangan yang bertujuan untuk menambah titik serap sumur. Sumur-sumur ini berada pada lapangan RAMA yang terletak di zambrud, dekat Kabupaten siak. Masalah yang terjadi pada pemboran sumur-sumur ini adalah *lost circulation*. *Lost circulation* adalah hilangnya sebagian atau seluruh lumpur pemboran yang masuk kedalam formasi yang sedang dibor. Sumur-sumur ini *lost circulation* terjadi ketika pemboran menembus formasi BK 2970' Sand dan BKS 2830' Sand untuk (RS-1) dan BK 3050' Sand untuk (RS-2). Litologi dari formasi ini tersusun dari batu gamping dan batu pasir yang sering terdapat gua-gua, rekahan-rekahan alami dan mempunyai porositas yang sangat besar yang bisa menyebabkan hilang lumpur (*lost circulation*).

Berdasarkan pada data lapangan dengan dilakukannya LOT (*leak of test*) serta melalui perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa sumur RS-1 mempunyai gradien tekanan formasi sebesar antara 0,329 sampai 0,262 dan pada sumur RS-2 mempunyai gradien tekanan formasi sebesar 0,325 sampai 0,233. Pada sumur-sumur ini termasuk dalam tekanan sub normal.

Perhitungan yang dilakukan pada sumur RS-1 lapangan "Rama" pada kedalaman 6355,49 ft didapatkan tekanan formasi sebesar 1814.663 psi dengan tekanan hidrostatik 1941.689 psi dan pada perhitungan tekanan rekah formasi didapatkan sebesar 3328.272 psi. Perhitungan tekanan lumpur saat sirkulasi atau *Bottom Hole circulation Pressure* (BHCP) sebesar 2108.274 psi, pada perhitungan diketahui bahwa tekanan rekah formasi lebih besar dari tekanan hidrostatik lumpur dan tekanan lumpur saat sirkulasi (BHCP) sehingga tidak terjadi pecah formasi (*Induced Fracture*).

Sedangkan perhitungan yang dilakukan pada sumur RS-2 lapangan "Rama" pada kedalaman 6180 ft didapatkan tekanan formasi sebesar 1974.768 psi dengan tekanan hidrostatik 2113.002 psi dan pada perhitungan tekanan rekah formasi didapatkan sebesar 3376..512 psi. Perhitungan tekanan lumpur saat sirkulasi atau *Bottom Hole circulation Pressure* (BHCP) sebesar 2226.802 psi, pada perhitungan di sumur RS-2 ini diketahui bahwa tekanan rekah formasi lebih

besar dari tekanan hidrostatik lumpur dan tekanan lumpur saat sirkulasi (BHCP) sehingga tidak terjadi pecah formasi (*Induced Fracture*).

Perhitungan gradien rekah formasi pada kedalaman 6355,49 sebesar 0,286 psi/ft dengan densitas yang digunakan sebesar 5.875 ppg pada sumur RS-1 dan gradien rekah formasi pada kedalaman 6180 sebesar 0,546 psi/ft dengan densitas lumpur sebesar 6.575 ppg pada sumur RS-2, maka dapat diketahui bahwa densitas lumpur yang digunakan tidak menyebabkan pecahnya formasi. Densitas lumpur yang baik digunakan untuk mengatasi hilang lumpur adalah densitas yang serendah mungkin yang mampu menahan tekanan formasi tetapi juga dapat menahan dinding formasi di atasnya agar tidak runtuh.

Penentuan letak zona loss pada sumur RS-1 dan RS-2 ini dilakukan dengan mengamati rata-rata lumpur yang keluar ke permukaan (*rate mud out*) dan mengamati volume lumpur yang berada di *mud pit*. Adakalanya penanggulangan hilang lumpur dilakukan dengan menggunakan penyumbatan material hilang lumpur dan dengan menggunakan penyemenan.

*Lost circulation* yang terjadi pada sumur RS-1 terjadi empat (4) kali dan pada sumur RS-2 terjadi tiga (3) kali. Penanganan yang dilakukan untuk mengatasi *loss circulation* yang terjadi pada sumur RS-1 dan sumur RS-2 adalah dengan menggunakan LCM dengan jenis *calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) dan *nut plug*, karena formasi yang terjadi loss adalah formasi yang non produktif dan produktif sehingga penanganannya digunakan *nut plug* dan  $\text{CaCO}_3$ , sebab *nut plug* dapat menanggulangi *loss circulation* yang terjadi pada zona tidak produktif sedangkan *calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) mudah larut dengan acid (HCL) sehingga nantinya setelah pemboran selesai dan dilakukan kompleksi sumur maka skin (s) yang terjadi didekat lubang sumur bisa dihilangkan dengan menggunakan acid (HCL).

Secara keseluruhan penanganan masalah hilang lumpur (*lost circulation*) pada saat pemboran sumur RS-1 dan RS-2 dilakukan sebagai berikut, pemboran pada sumur RS-1 ketika menembus formasi Bangko dengan kedalaman 6055,00-6055,40 pertama-tama dilakukan dengan SPOT 20 BBL LCM dengan jenis *nut plug* lalu di SPOT lagi dengan menggunakan 15 LCM *nut plug*, pada kedalaman 6085,00-6085,83 dilakukan dengan memompa 15 BBL LCM dengan jenis *Nut*

*plug*, pada kedalaman 6325,42-6355,49 dilakukan dengan memompa 25 BBL LCM dengan jenis *calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) sedangkan pada kedalaman 6355,49-6385,97 dilakukan dengan SPOT 30 BBL LCM dengan jenis *calcium carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) dan pada sumur RS-2 pada kedalaman 6090-6120 dilakukan pertama-tama memompa 30 BBL  $\text{CaCO}_3$  lalu dilanjutkan dengan SPOOT menggunakan 50 BBL LCM  $\text{CaCO}_3$ , pada kedalaman 6120-6150 dilakukan dengan SPOT 90 BBL  $\text{CaCO}_3$ , pada kedalaman 6150-6180 pertama-tama dilakukan dengan memompa 90 BBL LCM  $\text{CaCO}_3$  lalu diteruskan dengan SPOT 80 BBL LCM  $\text{CaCO}_3$ .

Secara keseluruhan penanggulangan problem hilang lumpur yang dilakukan pada sumur RS-1 dan RS-2 ini cukup berhasil ditangani walaupun masih ada *loss* kecil pada saat terjadi sirkulasi lumpur tetapi tidak berpengaruh terhadap jalannya pemboran, dikatakan berhasil karena pemboran telah melewati daerah hilang lumpur dan telah mencapai target yang diinginkan (lapisan produktif).