

## EVALUASI HILANG SIRKULASI PADA SUMUR M LAPANGAN B AKIBAT BEDA BESAR TEKANAN HIDROSTATIS LUMPUR DENGAN TEKANAN DASAR LUBANG SUMUR

Cahaya Rosyidan\*, Irfan Marshall, Abdul Hamid

*Teknik Perminyakan-FTKE, Universitas Trisakti  
Kampus A, Jl. Kyai Tapa No. 1, Jakarta 11440  
\* Email: cahayarosyidan@gmail.com*

**Abstrak.**Lumpur pemboran adalah salah satu komponen utama yang menentukan kelancaran dan keberhasilan suatu operasi pemboran. Sistem lumpur yang digunakan pada suatu operasi pemboran harus sesuai dengan kondisi formasi serta lithologi yang harus ditembus. Komposisi dan sifat fisik lumpur sangat berpengaruh terhadap suatu operasi pemboran, karena salah satu faktor yang menentukan berhasil tidaknya suatu pemboran adalah tergantung pada lumpur bor yang digunakan. Kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan, dan biaya pemboran sangat tergantung dari lumpur pemboran yang digunakan. Karena berbagai faktor pemboran yang ada maka lumpur pemboran mutlak diperlukan pada proses tersebut. Dalam penggunaannya lumpur pengeboran dapat dicampur dengan material-material lain sebagai sarana pengontrol sifat lumpur tersebut. Material-material tersebut digunakan untuk menghindari masalah-masalah yang dapat timbul selama operasi pengeboran berlangsung. Masalah-masalah yang dapat timbul karena kesalahan penggunaan lumpur pengeboran misalkan adalah terjadinya pipa terjepit, pengembangan lempung, hilang sirkulasi, dan bahkan dapat menimbulkan terjadinya semburan liar. *Loss* merupakan salah satu masalah yang sangat mengganggu dalam kegiatan pengeboran. *Loss* dapat ditanggulangi dengan bermacam-macam metode, diantaranya merubah berat jenis lumpur yang digunakan, mengurangi laju alir di annulus, penyumbatan menggunakan LCM, pemasangan *plug* semen. Penyebab terjadi *loss* dapat dibedakan menjadi dua jenis. Penyebab pertama karena faktor mekanis, dimana *loss* disebabkan oleh kesalahan-kesalahan pemilihan BHA, pemakaian lumpur yang terlalu berat, dan nilai *pressure surge* yang terlalu tinggi. Penyebab kedua karena faktor formasi, dimana *loss* disebabkan karena tekanan formasi yang relatif kecil, porositas formasi yang relatif besar, ataupun terdapat celah-celah atau retakan-retakan di dalam formasi.

Kata kunci: **Tekanan Hidrostatik, Kehilangan sirkulasi, LCM**

### PENDAHULUAN

Lumpur pemboran adalah salah satu komponen utama yang menentukan kelancaran dan keberhasilan suatu operasi pemboran. Sistem lumpur yang digunakan pada suatu operasi pemboran harus sesuai dengan kondisi formasi serta lithologi yang harus ditembus. Komposisi dan sifat fisik lumpur sangat berpengaruh terhadap suatu operasi pemboran, karena salah satu faktor yang menentukan berhasil tidaknya suatu pemboran adalah tergantung pada lumpur bor yang digunakan. Kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan, dan biaya pemboran sangat tergantung dari lumpur pemboran yang digunakan. Karena berbagai faktor pemboran yang ada maka lumpur pemboran mutlak diperlukan pada

proses tersebut.

Fasa kedua adalah fasa *reactive solid*, fasa ini merupakan padatan yang bereaksi dengan sekelilingnya dan membentuk koloidal. Fasa ketiga merupakan fasa *inert solids*, fasa ini merupakan zat padat yang tidak bereaksi dengan lingkungan. Fasa keempat adalah fasa kimia, zat kimia merupakan bagian dari sistem yang digunakan untuk mengontrol sifat-sifat lumpur<sup>[3]</sup>.

Ada banyak jenis zat kimia yang dapat digunakan dalam lumpur pemboran, zat kimia tersebut dapat digunakan untuk menurunkan viskositas, mengurangi *water loss*, dan mengontrol fasa koloid. Penambahan zat kimia kedalam lumpur yang akan digunakan disesuaikan dengan keadaan formasi yang akan ditembus. Pemilihan zat kimia yang kurang baik

menyebabkan terjadinya hal-hal yang mungkin menimbulkan masalah-masalah selama pengeboran berlangsung.

### 1.LANDASAN TEORI

Lumpur pemboran dapat didefinisikan sebagai semua jenis fluida (cairan-cairan berbusa, gas bertekanan) yang dipergunakan untuk membantu operasi pemboran dengan membersihkan dasar lubang dari serpih bor dan mengangkatnya kepermukaan, dengan demikian pemboran dapat berjalan dengan lancar. Lumpur pemboran yang digunakan sekarang pada mulanya berasal dari pengembangan penggunaan air untuk mengangkat serbuk bor. Kemudian dengan berkembangnya teknologi pemboran, lumpur pemboran mulai digunakan. Selain lumpur pemboran, digunakan pula gas atau udara sebagai fluida pemboran<sup>[5]</sup>.

#### 1.1 Lumpur Pemboran

Pada awal penggunaan pemboran berputar, fungsi utama fluida pemboran hanyalah mengangkat serpih dari dasar sumur ke permukaan. Tetapi saat ini fungsi utama lumpur pemboran adalah:

- Mengangkat serpih bor
- Pendingin dan pelumas pahat
- Pembersih Dasar Lubang
- Melindungi dinding lubang
- Menjaga dan mengimbangi tekanan formasi
- Menahan serpih bor ketika sirkulasi dihentikan
- Media logging
- Menunjang berat rangkaian
- Penghantar hidrolika
- Mencegah korosi

#### 1.1.1 Sifat penting lumpur pemboran

Dalam suatu operasi pemboran semua fungsi lumpur pemboran haruslah berada dalam kondisi yang baik sehingga operasi pemboran dapat berlangsung dengan baik. Hal ini dapat dicapai apabila sifat lumpur selalu diamati dan dijaga secara kontinyu dalam setiap tahap operasi pemboran. Sifat-sifat penting tersebut adalah berat jenis, rheology, sand content, solid control, alkalinity filtrate, fluid loss, dan pH dari lumpur yang akan digunakan<sup>[6]</sup>.

#### 1.1.2 Massa Jenis

Densitas lumpur pemboran atau berat lumpur didefinisikan sebagai perbandingan massa per unit volume lumpur, biasanya dinyatakan dalam ppg (*pound per gallon*). Massa jenis lumpur harus dikontrol agar dapat memberikan tekanan hidrostatik yang dapat menahan tekanan formasi dan mampu untuk mencegah masuknya cairan formasi kedalam lubang bor, tetapi tekanan tersebut tidak boleh terlalu besar sehingga menyebabkan formasi pecah dan lumpur hilang ke formasi. Oleh karena itu massa jenis lumpur pemboran perlu direncanakan sebaik – baiknya dan disesuaikan dengan keadaan tekanan formasi.

Lumpur yang terlalu ringan akan menyebabkan enterusi fluida formasi kedalam lubang dan hal ini akan menyebabkan kerontokan dinding lubang, kick dan blow out. Lumpur yang terlalu berat akan dapat menyebabkan problema *loss circulation*<sup>[7]</sup>.

Dalam teknik pemboran, pada umumnya massa jenis lumpur dinyatakan juga dalam bentuk *Specific Gravity* (SG), yaitu perbandingan antara massa jenis lumpur bor dengan massa jenis air tawar, persamaannya adalah sebagai berikut<sup>[11]</sup>:

$$SG = \frac{\rho}{\rho_w}$$

Dimana :

SG = *Specific Gravity*.

$\rho$  = Massa jenis lumpur bor, berat per volume.

$\rho_w$  = Massa jenis air, berat per volume.

Pengukuran massa jenis yang paling sederhana adalah dengan menggunakan alat yang bernama “mud balance” yaitu semacam alat timbangan yang salah satu ujungnya berskala dan ujung lainnya terdapat penampung lumpur yang akan dihitung densitasnya.

#### 1.2 Jenis Lumpur Pemboran

Pada umumnya lumpur pemboran dibagi dalam dua sistem, yaitu lumpur bor dengan bahan dasar air (water base mud) dan lumpur bor dengan bahan dasar minyak (oil base mud). Lumpur bor berdasarkan fasa cairnya

yaitu air dan minyak dapat diklasifikasikan sebagai berikut<sup>[4]</sup>:

### 1.2.1 Water Base Mud

Lumpur jenis ini yang paling banyak digunakan, karena biayanya relatif murah. Lumpur ini terbagi atas fresh water mud dan salt water mud.

### 1.2.2 Oil Base Mud

Lumpur ini mengandung minyak sebagai fasa kontinyunya, komposisinya diatur

Faedah oil base mud didasarkan pada kenyataan bahwa filtratnya adalah minyak, karena itu tidak akan menghidratkan shale atau clay yang sensitif baik terhadap formasi biasa maupun formasi produktif. Kegunaan terbesar dari oil base mud ini adalah pada completion dan work over sumur. Kegunaan yang lain adalah untuk melepaskan drill pipe yang terjepit, mempermudah pemasangan casing dan liner. Oil base mud ini harus ditempatkan pada suatu tanki besi untuk menghindarkan kontaminasi air. Rig harus dipersiapkan supaya tidak kotor dan bahaya api berkurang.

Kerugian penggunaan oil base mud adalah<sup>[9]</sup>:

- dapat mengkontaminasi lingkungan terutama untuk daerah operasi offshore.
- solid kontrol sulit dilakukan bila dibandingkan dengan water base mud.
- electric logging tidak dapat dilakukan.
- biayanya relatif lebih mahal..

### 1.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan Aliran adalah debit pompa dibagi dengan luas penampang aliran, sehingga didapat<sup>[2]</sup>:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

V= kecepatan aliran

Q= Debit pompa

A= Luas penampang

## 2. ANALISIS DATA

### 2.1 Analisa Terjadi Loss

Terjadinya loss circulation dalam setiap operasi pengeboran akan sangat menghambat proses penembusan formasi hingga kedalaman yang diinginkan. Untuk mengetahui apakah penyebab dari terjadinya loss circulation

tersebut, harus dilakukan analisa terhadap loss yang terjadi. Analisa yang dilakukan dapat meliputi analisa perhitungan tekanan rekah formasi (Pfr), equivalent circulating density (ECD), bottom hole circulating pressure (BHCP), dan pressure surge (Psurge). Analisa tersebut dapat digunakan untuk mengetahui penyebab-penyebab dari loss yang terjadi di dalam sumur.

### 2. 2 Perhitungan Hidrostatik Saat Loss

Permasalahan loss circulation pada sumur B terjadi pada formasi Talang Akar. Pada kedalaman 1020 meter (3345.6 feet), densitas lumpur yang digunakan pada operasi pengeboran sebesar 8.5 ppg. Setelah dilakukan perhitungan dapat diketahui tekanan hidrostatik lumpur pada saat loss di kedalaman ini adalah 1478.76 psi, perhtungan ini menggunakan rumus: $Ph = 0.052 \times Mw \times D$ <sup>[10]</sup>

Tabel 2.1

Perhitungan Tekanan Hidrostatik Pada Saat Terjadi Loss

No	Kedalaman (ft)	Densitas Lumpur (ppg)	Ph saat loss (psia)
1	3345.6	8.5	1478.76
2	3365.28	8.5	1487.45
3	3366.92	8.5	1488.18
4	3395.78	8.5	1500.93
5	3473.52	8.5	1535.30
6	3475.16	8.5	1536.02
7	3476.8	8.5	1536.75
8	3486.64	8.4	1522.96
9	3562.08	8.4	1555.92
10	3693.28	8.5	1632.43

### 2.3 Perhitungan Tekanan Rekah Formasi

Perhitungan tekanan formasi dilakukan dengan tujuan agar dapat menentukan berat lumpur yang akan digunakan pada saat pengeboran dilakukan. Sedangkan perhitungan tekanan rekah formasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pada tekanan berapakah formasi mulai retak. Pada sumur B di kedalaman 3345.6 ft, densitas lumpur saat terjadi loss

adalah 8.5 ppg, dan tekanan permukaan sebesar 550 psia. Tekanan maksimum yang dapat ditahan formasi atau tekanan rekah formasi adalah sebesar 2072.406 psia dengan rumus :

$$P_{fr} = G_{fr} \times D^{10}$$

Tabel 2.2  
 Perhitungan Pf dan Pfr

	Kedalaman (ft)	EMW (ppg)	Pf (psia)	Pfr (psia)
1	3345.6	11.91	1435.81	2072.406
2	3365.28	11.91	1444.25	2084.597
3	3366.92	11.91	1444.96	2085.613
4	3395.78	11.91	1457.34	2103.49
5	3473.52	11.91	1490.71	2151.645
6	3475.16	11.91	1491.41	2152.661
7	3476.8	11.91	1492.12	2153.677
8	3486.64	11.91	1496.34	2159.772
9	3562.08	11.91	1528.71	2206.503
10	3693.28	11.91	1585.02	2287.774

### 2.4 Perhitungan ECD dan BHCP

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

Diketahui berat lumpur yang digunakan sebesar 8.5 ppg, plastic viscosity sebesar 12 cp, yield point sebesar 14 lb/100ft<sup>2</sup>, laju alir lumpur 450 gpm, dan diameter dalam lubang bor sebesar 8.921 inch. BHA yang digunakan pada kedalaman 1020 meter atau 3345.6 feet.

Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan kecepatan aliran lumpur di annulus (Va), kemudian juga dilakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan kritis di annulus (Vc). Dari perhitungan tersebut didapatkan data-data kecepatan aliran lumpur di annulus (Va) dan juga kecepatan kritisnya (Vc) pada kedalaman 1020 meter

Selanjutnya menentukan kehilangan tekanan dengan menggunakan persamaan dibawah ini. Kehilangan tekanan yang terjadi di annulus ditentukan dengan melihat jenis dari aliran yang terjadi di dalam lubang, apakah aliran yang terjadi merupakan aliran laminar atau aliran tersebut turbulen. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan[8]:

- Untuk aliran laminar ( $V_a < V_c$ ),
- Untuk aliran turbulen ( $V_a > V_c$ )

Dari data total kehilangan tekanan yang telah dicari tersebut, maka dapat dihitung ECD (*Equivalent Circulation Density*) sebesar ECD = 9.158 ppg dengan menggunakan rumus <sup>[10]</sup>:

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

Perhitungan selanjutnya setelah didapat nilai ECD, adalah menghitung nilai BHCP (*Bottom Hole Circulating Pressure*) sebesar BHCP = 1593.17 psia dengan menggunakan rumus<sup>[10]</sup>:

$$BHCP = 0.052 \times ECD \times TVD$$

Hasil perhitungan untuk setiap kedalaman dalam setiap kedalaman dapat dilihat pada table 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3  
 Perhitungan ECD dan BHCP di Tiap Kedalaman

Kedalaman (ft)	$\Delta P$ (psia)	ECD (ppg)	BHCP (psia)
3345.6	114.41	9.158	1593.17
3365.28	114.87	9.156	1602.32
3366.92	114.92	9.156	1603.10
3395.78	115.93	9.157	1616.86
3473.52	118.62	9.157	1653.92
3475.16	118.69	9.157	1654.71
3476.8	118.75	9.157	1655.49
3486.64	119.09	9.057	1660.18
3562.08	121.70	9.057	1696.14
3693.28	126.25	9.157	1758.68

## 2.5 Perhitungan Pressure Surge

Pressure Surge merupakan besarnya tekanan pada saat memasukkan pahat ke dalam lubang bor. Sifat lumpur dan prosedur pada saat memasukkan pahat harus dikontrol untuk memastikan agar harga pressure surge tidak terlalu tinggi. Nilai pressure surge yang terlalu tinggi juga dapat menjadi salah satu penyebab permasalahan terjadinya lost circulation.  $\theta$  600 sebesar 33 rpm,  $\theta$  300 sebesar 23 rpm, N sebesar 0.52, dan besar nilai K sebesar 1.28. Dari data di atas dapat dihitung nilai pressure surge pada kedalaman 3345.6 ft adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Pressure loss total} &= 198.78 \text{ psia} \\ \text{Pressure Surge} &= 1677.54 \text{ psia} \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus<sup>[9]</sup>:

$$P_{\text{surge}} = P_{\text{loss total}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

Tabel 2.4

Perhitungan Pressure Surge di Setiap Kedalaman

Kedalaman (ft)	P.loss total (psia)	P.surge (psia)
3345.6	198.78	1677.54
3365.28	199.48	1686.93
3366.92	199.56	1687.74
3395.78	201.10	1702.02
3473.52	205.23	1740.52
3475.16	205.33	1741.35
3476.8	205.41	1742.16
3486.64	205.94	1728.90
3562.08	209.94	1765.86
3693.28	216.91	1849.34

## 3. Pembahasan

Sumur B ini mengalami pertama kali di spud in pada tanggal 10 oktober 2013 dan rig di lepas pada tanggal 11 november 2013. Sumur ini menggunakan casing 13 3/8 inch yang di set hingga kedalaman 297 meter. Casing 9 5/8 inch yang di set hingga kedalaman 945 meter. Casing 7 inch yang di set hingga kedalaman 1167 meter. Sumur ini mencapai true vertical depth

pada kedalaman 1169.5 meter. Selama operasi pengeboran, sumur ini mengalami kejadian loss circulation pada formasi Talang Akar, pada trayek pengeboran lubang 8 1/2". Operasi penanggulangan loss dilakukan pada kedalaman 1020-1022 meter, 1024-1026 meter, 1035 meter, 1051-1059 meter, 1063 meter, 1072 meter, 1086-1090 meter, dan pada kedalaman 1102-1127 meter. Lapisan ini merupakan lapisan yang sudah depleted atau merupakan lapisan yang memiliki tekanan formasi yang kecil. Hal ini yang menjadi penyebab terjadinya loss ketika dilakukan pengeboran.

Pada kedalaman 1020 meter atau 3345.6 feet terjadi loss pertama kali. Pada kedalaman ini digunakan lumpur dengan densitas 8.5 ppb. Besar dynamic partial loss pada lapisan ini sebesar 1 bpm dan nilai static loss sebesar 0.25 bpm. Penanggulangan pada lapisan ini menggunakan LCM berupa CaCO<sub>3</sub> yang dicampur dengan microseal. Sirkulasi dilakukan sebanyak 2 kali. Masing-masing sirkulasi menggunakan 100 bbl LCM 100 ppb. Setelah disirkulasikan maka didapat nilai dynamic partial loss sebesar 0.6 bpm. Pada kedalaman ini didapat nilai tekanan rekah formasi sebesar 2072.06 psia, dengan tekanan hidrostatik sebesar 1478.76 psia dan tekanan formasi sebesar 1435.81 psia. Ketika lumpur disirkulasikan, maka akan terjadi gesekan antara lumpur dan cutting yang tercampur dengan lubang bor dan juga drill string. Dari perhitungan didapat nilai ECD sebesar 9.158 ppg dan nilai BHCP sebesar 1593.17 psia. Selain ECD dan BHCP, nilai pressure surge yang terlalu tinggi juga dapat menjadi penyebab loss yang terjadi. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat nilai pressure surge sebesar 1677.54 psia. Tekanan pressure surge ini tidak melewati besar dari tekanan formasi. Hal ini menandakan bahwa loss yang terjadi pada kedalaman ini tidak disebabkan oleh faktor mekanis selama pemboran, atau dapat juga disebabkan karena sudah terlalu kecilnya tekanan dari formasi yang dibor tersebut.

Pada kedalaman 1022 dan 1024 meter terjadi total loss. Untuk menanggulangi loss di kedalaman 1022 meter, disirkulasikan 50 bbls LCM 100 ppb. Untuk menanggulangi total loss pada kedalaman 1024 meter, pertama dilakukan sirkulasi 100 ppb LCM sebanyak 20 bbl, tetapi

karena belum menunjukkan penurunan yang signifikan, dilakukan sirkulasi kedua menggunakan 30 bbls LCM 200 ppb. Untuk lebih menyempurnakan penyumbatan, kembali disirkulasikan LCM 100 ppb sebanyak 50 bbls. Pada kedalaman 1022 meter atau 3365.28 feet didapat nilai tekanan rekah formasi sebesar 2084.597 psia, dengan tekanan hidrostatik sebesar 1487.45 psia dan tekanan formasi sebesar 1444.25 psia. Setelah dilakukan perhitungan, didapat besar nilai BHCP sebesar 1602,32 psia, dan nilai pressure surge sebesar 1686.93 psia. Pada kedalaman 1024 meter atau 3366.92 feet didapat nilai tekanan rekah formasi sebesar 2085.613 psia, dengan tekanan hidrostatik sebesar 1488.18 psia dan tekanan formasi sebesar 1444.96 psia. Setelah dilakukan perhitungan didapat nilai BHCP sebesar 1603.10 psia, dan nilai pressure surge sebesar 1687.74 psia. Dari kedua kedalaman yang mengalami total loss tersebut, didapat nilai pressure surge yang lebih tinggi dibandingkan dengan besar tekanan formasinya. Nilai pressure surge yang lebih tinggi dibandingkan nilai tekanan formasi menunjukkan bahwa penyebab loss disebabkan dari pressure surge selama operasi pengeboran berlangsung.

Secara keseluruhan, penanggulangan loss circulation yang dilakukan pada sumur B dapat dikatakan sukses. Keberhasilan penanggulangan ini dapat dilihat dari semua zona-zona yang mengalami loss berhasil ditutup dan rate loss bisa berkurang secara signifikan. Kegiatan pengeboran pada sumur B ini juga dapat dikatakan berhasil karena dapat mencapai zona yang diinginkan pada kedalaman 1169.5 meter atau 3835.96 feet.

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Formasi yang mengalami *loss* pada operasi pengeboran ini adalah formasi Talang Akar, penyebab *loss* terjadi karena tekanan formasi yang relatif kecil dan permeabilitas formasi yang relatif besar yaitu sekitar 25%.

2. Metode yang digunakan untuk menanggulangi *loss* pada kedalaman 3345.6 ft, 3365.28 ft, 3395.78 ft, 3473.52 ft, 3475.16 ft, 3476.8 ft, 3486.64 ft, 3562.08 ft, dan pada kedalaman 3693.28 ft adalah penyumbatan dengan menggunakan LCM dengan jenis CaCO<sub>3</sub> (Calcium Carbonat) 200 ppb, CaCO<sub>3</sub> 300 ppb, microseal, cementing, dan penambahan material lain misalkan serbuk padi pada kondisi *loss* tertentu.
3. Pada kedalaman 3395.78 feet terjadi *total loss* dimana fluida sirkulasi yang dipompakan tidak kembali ke permukaan, dan untuk keekonomisan dilakukan pemasangan semen *plug*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bourgoyne, A T, et al, "Applied Drilling Engineering : SPE Textbook Series Volume 2", USA, 1991.
- [2] Jim Short, J A, "Drilling And Casing Operations", Pennwell Books, Tulsa, 1982.
- [3] "Penuntun Praktikum Peralatan Bor", Laboratorium Konservasi Peralatan, Universitas Trisakti, Jakarta, 2001.
- [4] Rabia, H, "Oil Well Drilling Engineering : Principle And Practice", Graham and Trotman Inc, Gaithersburg, USA, 1985.
- [5] Rubiandini, Rudi, "Diktat Kuliah Teknik dan Alat Pemboran Volume 1". HMTM-PATRA, ITB, 1994.
- [6] Rubiandini, Rudi, "Diktat Kuliah Teknik dan Alat Pemboran Volume II". HMTM-PATRA, ITB, 1994.
- [7] Rubiandini, Rubi, "Perancangan Pemboran". HMTM PATRA, ITB, 1994.
- [8] Sudarsono, "Casing Program & Casing Design", Pusat Pengembangan Tenaga MIGAS, 1992.
- [9] Team Drilling PT. PERTAMINA EP, "Program Pemboran Sumur B". Jakarta: 27 November 2013.
- [10] Rukmana, Dadang, "Teknik Reservoir Teori Dan Aplikasi", UPN "Veteran", Yogyakarta, 2012.