IRJE: JURNAL FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Research & Learning in Education

Assessment of Squeeze Cementing Performance Using the HI-VIS (High Viscosity) Technique at Well M in the MS Field

Moch. Syafii[1*], Firdaus[2], Karnila[3], M. Nur Mukmin [4], Aprillino Alfa Kurmasela [5], Mohammad Lutfi[6]
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia

mochsyafii895@gmail.com[1]

Abstrak

Metode HI-VIS (High Viscosity) pada operasi squeeze cementing telah diterapkan pada sumur M di lapangan MS untuk mengatasi masalah loss circulation dan memastikan kualitas isolasi zonal. Dengan menggunakan 29 sak semen, volume slurry yang diperlukan mencapai 878,12 bbl dengan total volume air sebesar 3,441 bbl. Evaluasi menunjukkan bahwa metode ini mampu meningkatkan kualitas semen, mengurangi risiko kontaminasi formasi, serta memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan tekanan dan volume fluida. Selain itu, pendekatan ini membantu menurunkan potensi remediasi di masa mendatang dengan memperbaiki integritas semen dalam jangka panjang. Hasil ini mendukung penggunaan metode HI-VIS sebagai solusi yang efektif untuk memperkuat zonal isolation dan mengurangi biaya operasional pada pengeboran minyak dan gas.

Kata Kunci: *Squeeze Cementing, High Viscosity, Loss Circulation, Zonal Isolation, Semen Slurry*

Abstract

The HI-VIS (High Viscosity) method in squeeze cementing operations was implemented in Well M, MS field, to address loss circulation issues and ensure zonal isolation quality. Using 29 sacks of cement, the required slurry volume reached 878.12 bbl with a total water volume of 3.441 bbl. Evaluations indicate that this method effectively enhances cement quality, reduces formation contamination risks, and provides greater flexibility in managing fluid pressure and volume. Additionally, this approach reduces the need for future remediation by improving long-term cement integrity. These findings support the use of the HI-VIS method as an effective solution for strengthening zonal isolation and reducing operational costs in oil and gas drilling.

Key Word*: Squeeze Cementing, High Viscosity, Loss Circulation, Zonal Isolation, Semen Slurry*

Copyright © 2021 Moch. Syafii, Firdaus, Karnila, M. Nur Mukmin, Aprillino Alfa Kurmasela, Mohammad Lutfi

Corresponding Author:
✉ Email Adress: mochsyafii895@gmail.com (Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan – Indonesia)

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

PENDAHULUAN

Kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi sangat rentan terhadap berbagai tantangan teknis, salah satunya adalah loss circulation (Magzoub et al, 2020; Satiyawira & Imanurdana, 2018), yaitu hilangnya sebagian atau seluruh fluida pengeboran atau semen ke dalam formasi akibat adanya zona berpori besar, rekahan alami (Parulian & Rosyidan, 2017) atau tekanan diferensial yang ekstrem (Bourgoyne et al., 1986). Permasalahan ini dapat menyebabkan keterlambatan operasi, meningkatnya biaya pengeboran, serta kegagalan dalam operasi penyemenan (Nelson, 1990).

Squeeze cementing merupakan metode yang lazim digunakan untuk menanggulangi masalah tersebut dengan menyuntikkan slurry semen ke zona formasi bocor untuk menyumbat aliran fluida yang tidak diinginkan (Saputra, 2021; Howard & Fast, 1950). Namun, keberhasilan teknik ini sangat tergantung pada parameter desain, termasuk komposisi semen, volume slurry, tekanan injeksi, serta karakteristik formasi target (Mubarok, 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan dengan menggunakan Hi-Vis (High Viscosity) Squeeze Cementing menjadi semakin relevan untuk kondisi zona loss circulation yang kompleks. Slurry semen dengan viskositas tinggi memiliki keunggulan dalam menutup zona berpori (Gunawan, 2019) atau retakan dengan lebih efektif dibandingkan semen konvensional karena kemampuannya dalam mempertahankan stabilitas pada zona bocor (Hariyono & Djoni, 2013). Selain itu, penerapan simulasi numerik menjadi bagian penting dalam mengevaluasi distribusi fluida (Lutfi, 2020; Lutfi, 2021), memodelkan aliran fluida dalam zona rekahan atau pori besar, serta mengoptimalkan parameter operasional penyemenan berdasarkan berbagai skenario teknis. Simulasi ini memberikan gambaran visual dan kuantitatif yang dapat memperkuat validasi desain dan mendukung pengambilan keputusan secara lebih akurat.

Penggunaan aditif viskositas tinggi seperti bentonit atau polimer dapat meningkatkan efektivitas sealing semen dalam kondisi tekanan rendah atau kehilangan sirkulasi total (API RP 10b-2, 2013; Hamid, 2017). Sumur M di Lapangan MS diketahui mengalami masalah loss circulation pada kedalaman tertentu, sehingga diperlukan pendekatan penyemenan yang lebih adaptif terhadap karakteristik formasi tersebut. Dengan mempertimbangkan metode Hi-Vis, penting untuk melakukan evaluasi secara menyeluruh terkait:

1. Penentuan metode penyemenan yang paling tepat dalam mengatasi loss circulation.
2. Penentuan komposisi slurry dan estimasi volume semen yang efektif.
3. Strategi operasional squeeze cementing berdasarkan data lapangan.

Melalui evaluasi ini, diharapkan penelitian dapat memberikan rekomendasi operasional yang lebih efisien dan aplikatif untuk mengatasi masalah serupa di sumur-sumur lain yang berada dalam kondisi geologi yang sama. Dengan pendekatan ilmiah berbasis data lapangan dan praktik industri, metode Hi-Vis Squeeze Cementing dapat meningkatkan keberhasilan penyemenan serta mengurangi risiko kegagalan dalam tahap produksi sumur.

METODE

Dalam operasi *squeeze cementing*, perhitungan volume semen dan parameter terkait sangat penting untuk memastikan keberhasilan penyemenan serta mencegah terjadinya *loss circulation*. Perhitungan ini mencakup berbagai aspek seperti kapasitas annulus, volume tubing dan casing, serta volume air yang diperlukan untuk mendorong *slurry* ke zona target. Pada bagian ini, akan dibahas berbagai metode perhitungan yang diperlukan untuk menentukan volume semen secara akurat, termasuk kapasitas annulus, volume tubing, serta beberapa pendekatan untuk memperkirakan volume *slurry* dan pengelolaan fluida selama operasi**.**

Perhitungan Volume Semen

Annulus *Capacity*

Dalam menghitung annulus capacity dapat menggunakan rumus 1 sebagai berikut:

$$Capacity = \frac{ID\ Casing - OD\ Tubing^2}{1029{,}4}\ x\ 3{,}28\ ft$$

(Rumus 1, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Dimana, ID adalah Inner Diameter dalam casing (inch), OD adalah Outside Diameter tubing (inch), 1029,4 adalah konversi dalam satuan volume (bbl).

Menghitung Volume Tubing dan Casing

Menghitung rumus *casing* dan *tubing* untuk mengetahui total jumlah volume semen yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$Capacity = \frac{ID^2}{1029{,}4}\ x\ 3{,}28\ ft$$ (Rumus 2, sumber: Lapeyrouse, 2002)

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Menghitung Semen dengan Beberapa Perhitungan

Volume semen (sak) : $\frac{Berat\ Semen\ Class\ G}{Density\ Semen}$
(Rumus 3, sumber: Lapeyrouse, 2002).
Berat *Slurry* 1 sak semen : ɣ yang diminta x volume semen
(Rumus 4, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Jumlah volume air dalam 1 sak : $\frac{Total\ \gamma\ slurry\ setelan\ dicampur}{Density\ air\ dalam\ 1\ sak\ semen}$
(Rumus 5, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Volume *Slurry* 1 sak semen : $\frac{Volume\ semen\ (1\ sak)}{Jumlah\ volume\ air}\ x\ 42\ gall$
(Rumus 6, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Berat 1 sak semen : Volume Semen x Density Semen
(Rumus 7, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Berat air dicampur : Volume Air x *Density* Air
(Rumus 8, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Volume air campur : volime air x volume semen
(Rumus 9, sumber: Lapeyrouse, 2002)
Densitas Semen : $\frac{(W\ semen+W\ air\ )}{(V\ semen+V\ air)}$
(Rumus 10, sumber: Lapeyrouse, 2002)
ρ semen : SG (specific gravity) semen x ρ air
(Rumus 11, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Menghitung *Volume Water Ahead, Behind* dan *Displace*

Water Ahead adalah fluida pendorong yang digunakan sebagai *spacer* untuk melindungi *slurry* semen dari kontaminasi, termasuk partikel asing atau *salt water* yang masih ada di dalam sumur. Dengan demikian, *slurry* tetap terjaga kualitasnya selama proses pendorongan. *Water Ahead* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Water\ Ahead = \frac{((H\ semen - (H\ semen\ x\ 30\%))}{Casing\ Capacity}$$

(Rumus 12, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Water Behind adalah fluida pendorong yang ditempatkan di belakang *slurry* semen untuk mencegah kontaminasi dari *salt water* di atasnya, sekaligus menjaga kualitas *slurry* selama proses pendorongan. *Water Behind* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Water\ Behind = \frac{(Vwa\ x\ Tubing\ Capacity)}{Annulus\ Capacity}$$

(Rumus 13, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Water Displace adalah fluida penekan yang digunakan untuk medorong *slurry* semen ditempat yang sesuai pada zona perforasi. Menghitung *Water Displace* dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Water\ Displace\ = OET\ (Open\ End\ Tubing) x\ Tubing\ Capacity$$

(Rumus 14, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Menghitung *Volume Squeeze* ke Lubang Perforasi

Volume squeeze adalah *volume slurry* yang akan di *squeeze* kedalam zona perforasi berdasarkan banyaknya lubang perforasi yang ada dibawah. *Volume squeeze* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut**.**

$$Volume\ Squeeze = Interval\ Perforasi\ x\ SPF\ x\ Vol/Shoot$$

(Rumus 15, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Menghitung sisa *Volume Squeeze* dalam *Casing*

Sisa *volume squeeze* di dalam *casing* adalah jumlah *volume* sisa *slurry* yang ada atau tertinggal di dalam *casing* setelah dilakukan pengerjaan *squeeze cementing*. Menghitung sisa *volume squeeze* dalam *casing* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Sisa\ Volume\ Squeeze = Volume\ Semen - Volume\ Injek\ Squeeze$$

(Rumus 16, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Menghitung *Raise Up Tubing*

Raise up tubing adalah proses pengangkatan tubing sampai pada ketinggian yang ditentukan dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

$Raise\ Up\ Tubing = 2\ x\ Tinggi\ Semen$
(Rumus 17, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Menghitung *Volume Reverse Out*

Reverse out reverse circulation adalah proses pensirkulasian dengan menggunakan *salt water* dari annulus masuk ke tubing untuk membersihkan sisa-sisa *slurry* yang masih menempel pada tubing dan casing. Menghitung *volume reverse out* dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$Vro = (OET\ Raise\ Up\ x\ Casing\ Capacity) + (OET\ Raise\ Upx\ Tubing\ Capacity)$
(Rumus 18, sumber: Lapeyrouse, 2002)

Metode *High Viscosity* (Hi-Vis)

High Viscosity adalah fluida dengan viskositas tinggi yang dipompakan ke dalam sumur untuk membentuk bantalan pada zona perforasi, sehingga efektif untuk mengatasi loss circulation saat *squeeze cementing*. *Loss circulation* biasanya terjadi akibat formasi berpori tinggi atau struktur lapisan yang longgar. Untuk mengatasinya, fluida ditambah dengan aditif khusus sebelum diinjeksikan ke dalam sumur. Rumus untuk menghitung volume *High Viscosity* (Hi-Vis) adalah:

$$Volume\ High\ Viscosity\ (Hi - Vis) = (OET\ x\ Tubing\ Capacity\ )x\ \frac{1}{3}\ Volume\ Tubing$$

(Rumus 19, sumber: Lapeyrouse, 2002)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan berikut menyajikan evaluasi penerapan metode HI-VIS (High Viscosity) pada squeeze cementing di Sumur M, Lapangan MS. Analisis ini bertujuan untuk menilai efektivitas metode HI-VIS dalam mengatasi loss circulation serta memastikan kualitas isolasi zonal. Pembahasan akan mencakup karakteristik fluida, perhitungan volume, serta faktor-faktor teknis yang mempengaruhi keberhasilan operasi ini.

Data Sumur

Berikut adalah data teknis sumur yang akan digunakan dalam perhitungan, termasuk spesifikasi casing, tubing, dan semen, yang menjadi dasar untuk menghitung volume dan berat slurry yang diperlukan.

Tabel 1. Data Sumur M Lapangan MS

DATA	NILAI	SATUAN
Nama Sumur	M	
Kelas Semen	G	
Specific Gravity Semen	3, 14	
Density Air	8, 33	ppg
Diameter Casing ID 20”	19,124	inch
Diameter Casing OD 20”	20	inch
Diameter Tubing OD 2” 7/8	2,875	inch
Diameter Tubing ID 2” 7/8	2,2441	inch
Volume 1 sak Semen Kelas G	3,593	gall
Berat 1 sak Semen Kelas G	94	lbs
Kedalaman Sumur	1293 Kedalaman Sumur	m

Korelasi Sumur Injeksi-Produksi

Menghitung Kapasitas Casing, Tubing dan Annulus
Perhitungan kapasitas casing 20” sebagai berikut:
Casing Capacity= 〖19,124 inch〗^2/1029,4 ×3,28 ft =1,16 bbl/m
Perhitungan kapasitas tubing 2” 7/8 sebagai berikut:
Casing Capacity= 〖2,441 inch〗^2/1029,4 ×3,28 ft=0,018 bbl/m
Perhitungan kapasitas annulus dengan kapasitas casing 20” dan kapasitas tubing 2 7/8” sebagai berikut:
Annulus Capacity= (〖(19,124〗^2)- 〖(2,441 inch〗^2))/1029,4 X 3,28 ft =53,17 bbl/m

Menghitung Jenis Semen

1. Menghitung untuk 1 sat semen
Specific Gravity (SG) Semen = 3,14 ×8,33 ppg= 26, 1562 ppg
Volume semen, sak = (94 lbs)/(26,152 ppg) = 3, 594 gall
Densitas slurry yang diminta = 15, 8 ppg

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Berat slurry dalam 1 sak semen = 15, 8 ppg x 3, 594 gall = 56, 782 lb
Densitas air dalam 1 sak semen = 15, 8 ppg – 8,33 ppg = 7,47 ppg
Total γ slurry setelah dicampur = 94-(15,8×3,594) = 37, 231 lb
Jumlah volume air dalam 1 sak (3.5) =(37,2306 pound)/(7,47 ppg)=4,984 gall
Volume slurry 1 sak semen (3.6) = (3,594 gall)/(4,984 gall) 42 gall=30,28 gall

2.Perhitungan untuk densitas 15, 8 ppg
Berat 1 sak semen (3.7) = 3,594 gall×26,152 ppg=93,979 lbs
Berat air campur tawar (3.8) = 4,984 gall×8,33 ppg=41,517 lbs
Volume semen campur air (3.9) = 3,594 gall+4,984 gall=8,578 gall
Densitas semen (3.10) = (93,979 lbs +41,517 gall)/(8,578 gall)=15,797 ppg

3. Perhitungan volume squeeze semen pada kedalaman 1293-meter seperti di bawah ini
Jumlah slurry yang dibutuhkan dalam 21 sak semen = 21 sak ×30,28 bbl=630 bbl
Volume air yang dibutuhkan dalam 21 sak semen = 21 sak ×4,984 gall=2,492 bb
Volume Water Ahead
H semen = ((30,28 bbl×21 sak))/((1,16bbl/m))=548 m
Vwa semen = (((548 m-(548 m×0,3)))/(1,16bbl/m)=383 bbl
Volume Water Behind
Vwb =(9,23 bbl×0,018 bbl/m)/(1,25 bbl/m)=0,0334 bbl
Volume Displace
V displace = 1293 ft×0,018 bbl/m =24,59 bbl
Volume Injeksi squeeze ke Lubang Formasi
Vsq = 3 meter ×6×0,15=2,7 bbl
Volume Sisa Squeeze dalam Casing
Vsq = 4,288 bbl-2,7 bbl=1,588 bbl
Estimasi TOC dalam Casing
TOC = (1293 ft-1,588 bbl)/(1,16 bbl/m) = 1290,64 m
Raise Up Tubing
Raise Up = 2 x 548 m =1096 m = 10,96 joint
OET setelah Raise Up = 1290,64-1096 m=194,64 m
Volume Reverse Out
Vro = 194,64 m ×1,16 bbl/m)+(194,64 m×0,018 bbl/m) = 229,28

4. Perhitungan Volume Squeeze Semen pada kedalaman 1293-meter dengan menginjeksikan Hi-Vis (High Viscosity) sebanyak 29 sak, seperti di bawah ini
Jumlah slurry yang dibutuhkan dalam 29 sak semen =29 sak ×30,28 bbl=878,12 bbl
Volume air yang dibutuhkan 29 sak semen =29 sak ×4,984 gall=3,441 bbl
Volume Water Ahead
H semen =((30,28 bbl ×29 sak))/((1,16 bbl/m)=757 m
Vwa semen =(757 m-(757 m×0,3))/(1,16 bbl/m)=171,8 bbl
Volume Water Behind
Vwb = (9,23 bbl ×0,018 bbl/m)/(1,25 bbl/m)=0,033 bbl
Volume Displace
V displace = 1293 ft x 0,018 bbl/m =24,55 bbl
Volume Injeksi Squeeze ke Lubang Formasi
Vsq = 3-meter x 12 x 0,15 = 5,4 bbl
Volume Sisa Squeeze dalam Casing
Vsq = 878, 12 bbl – 5,4 bbl = 872,72
Estimasi TOC dalam Casing
TOC = (1293 ft-872,72 bbl)/(1,16 bbl/m)=420,28 m
Raise Up Tubing
Raise Up =2 ×757=1514 m = 15, 14 joint
OET setelah Raise Up = 1293 m - 584 m =709 m
Volume Reverse Out
Vro = (709 m x1,16 bbl/m) + (709 m x 0,018 bbl/m) =835,2 bbl/m

Selanjutnya, mulai menginjeksikan LCM (Lost Circulation Meterial) yakni Hi- Vis (High Viscosity) untuk mengatasi permasalahan loss circulation tersebut seperti di bawah ini,

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Volume Hi-Vis (High Viscosity)
V olume Hi-Vis = (1293 m x 0,018 bbl/m) x 0,33 bbl = 8,1 bbl

Dengan komposisi berikut: KOH = 0,25 ppb, XCD = 2 ppb, Fresh Water = 0,18 ppb, dan Viskositas = 100 mmsx.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada sumur M di lapangan MS, metode HI-VIS (High Viscosity) terbukti memiliki peran penting dalam operasi squeeze cementing untuk mengatasi masalah loss circulation. Dengan pendekatan ini, viskositas slurry dapat ditingkatkan sehingga lebih efektif dalam mengurangi potensi kehilangan fluida ke formasi berpori dan memastikan isolasi zonal yang lebih baik. Penggunaan 29 sak semen dan penambahan fluida HI-VIS menghasilkan volume slurry sebesar 878,12 bbl dengan total volume air 3,441 bbl, menunjukkan peningkatan stabilitas dan kualitas semen. Namun, untuk memastikan keberhasilan jangka panjang, diperlukan monitoring yang lebih intensif serta evaluasi berkala untuk menjaga integritas semen dalam kondisi downhole yang dinamis

KESIMPULAN

Metode HI-VIS (High Viscosity) pada operasi squeeze cementing di sumur M lapangan MS terbukti efektif dalam mengatasi loss circulation dan meningkatkan isolasi zonal. Dengan penggunaan 29 sak semen dan penambahan fluida HI-VIS, diperoleh volume slurry sebesar 878,12 bbl dan volume air 3,441 bbl, menunjukkan peningkatan stabilitas dan kualitas semen. Meskipun hasilnya memuaskan, pemantauan berkelanjutan tetap diperlukan untuk memastikan efektivitas jangka panjang.

DAFTAR REFERENSI

API, R. P. (2013). 10b-2: Api Recommended Practice 10b-2, Recommended Practice for Testing Well Cements. *API RP 10B-2*.

Bourgoyne Jr, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young Jr, F. S. (1986). Applied drilling engineering. Volume 2.

Gunawan, A. (2019). *Perencanaandrill Out Cement Pada Pekerjaan Workover Dengan Menggunakan Bowen Power Swiveldi Sumur "AF"* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).

Hamid, A. (2017). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Lost Circulation Material (LCM) dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *6*(1), 12-20.

Hariyono, F. R., & Djoni, I. M. A. (2013). Perancangan Pompa Slurry Sentrifugal Pada Unit Cement Mixer yang Mendukung Operasi Kerja Ulang Sumur dengan Kapasitas 3, 5 BPM dan Head 30 Feet (Studi Kasus Untuk Di PT. Energi Mega Persada Tbk). *Jurnal Teknik ITS*, *2*(1), B37-B40.

Howard, G. C., & Fast, C. R. (1950). Squeeze cementing operations. *Journal of Petroleum Technology*, *2*(02), 53-64.

Lapeyrouse, (2002). *Formulas and calculations for drilling, production and workover*. Elsevier.)

Lutfi, M (2020). Hydrodynamics circulation model in the estuary of Palu River based on numerical calculations. *Journal of Engineering Science and Technology*, *15*(4), 2309-2323.

Lutfi, M. (2021). Insight of numerical simulation for current circulation on the steep slopes of bathymetry and topography in Palu Bay, Indonesia. *Fluids*, *6*(7), 234.

Magzoub, M. I., Salehi, S., Hussein, I. A., & Nasser, M. S. (2020). Loss circulation in drilling and well construction: The significance of applications of crosslinked polymers in wellbore strengthening: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *185*, 106653.

Mubarok, M. A. (2022). *Evaluasi Pekerjaan Injectivity Test Untuk Menentukan Metode Squeeze Cementing Dalam Pekerjaan Water Shut Off Pada Sumur X* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).

Nelson, E. B. (Ed.). (1990). *Well cementing* (Vol. 28). Newnes.

Parulian, R. A., & Rosyidan, C. (2017). Penanggulangan lost circulation dengan menggunakan metode under balanced drilling pada sumur y, blok z. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *6*(3), 107-115.

Saputra, J. H. (2021). *Aplikasi Squeeze Cementing Pada Sumur Produksi Cominggel yang High Water Cut Di Sumur Brid 75* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).

Satiyawira, B., & Imanurdana, G. (2018). Evaluasi Penyebab Hilang Sirkulasi Lumpur Dan Penanggulangannya Pada Pemboran Sumur-Sumur Lapangan Minyak "X". *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *7*(4), 152-158.