



Analisis Swelling Clay di Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran Skala Laboratorium

Nugroho Marsiyanto

Universitas Bhayangkara Jakarta
Raya, Indonesia

**Abdullah Rizky
Agusman**

Universitas Bhayangkara
Jakarta Raya, Indonesia

**Faqih
Badruzzaman**

Universitas Bhayangkara
Jakarta Raya, Indonesia

Corresponding author:

Nugroho Marsiyanto, Universitas
Bhayangkara Jakarta Raya,
Indonesia.

nugroho.marsiyanto@dsn.ubharajaya.ac.id

Article Info :

Article history:

Received: November 3, 2023

Revised: November 10, 2023

Accepted: November 29, 2023

Published : November 30, 2023

Keywords:

Keywords 1; *Swelling Clay*

Keywords 2; *Shale*

Keywords 3; *Mud Drilling*

Kata Kunci:

Kata Kunci 1; Oil-Based Mud (OBM)

Kata Kunci 2; Pemboran

Kata Kunci 3; Lumpur Pomboran

Abstract

In the exploration stage, there is a well drilling operation process aimed at making holes in locations identified as having oil/gas. At the time of the drilling, it does not always run well so that it can cause problems that interfere with drilling operations such as swelling clay, sloughing shale, caving shale, and differential pipe sticking which may be due to the formation lithology penetrating thick shale formations, so that these problems can slow the penetration rate and increase the cost of drilling operations. Then the swelling clay analysis was carried out to overcome this problem. This study aims to determine the reactivity of cuttings by identifying the clay content in the Telisa Formation and planning the drilling mud to be used, so that it is suitable if it penetrates the Telisa Formation so that clay Swelling does not occur. There are 3 different types of water base mud, namely 7% KCL Polymer PHPA, 7% KCL Polymer Polyamine, and 7% KCL Polymer Soltex. This method is carried out in a laboratory test by conducting several Density, Yield Point, Plastic Viscosity, Gel Strength, MBT (Methylene Blue Test) and LSM (Linear Swelling Meter) tests. The results of the 7% KCL Polymer PHPA mud test were Density 9.9 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 18 lb/100 ft², MBT 15 meq, and LSM 29.5 meq/100 gr. In the 7% KCL Polymer Polyamine mud test, namely Density 9.8 ppg, Plastic Viscosity 19 cp, Yield Point 18 lb/100 ft², MBT 12.5 meq, and LSM 24.375 meq/100 gr. In the 7% KCL Polymer Soltex mud test, namely Density 9.7 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 17 lb/100 ft², MBT 10 meq and LSM 19.5 meq/100 gr. There are different values on the properties of the mud in each test using 3 different types of additives.

Abstrak

Dalam tahap eksplorasi terdapat proses operasi pemboran sumur bertujuan untuk membuat lubang di lokasi yang diidentifikasi terdapat minyak / gas. Pada saat pelaksanaan pemboran tidak selalu berjalan dengan baik sehingga dapat menimbulkan masalah yang mengganggu operasi pemboran seperti swelling clay, sloughing shale, caving shale, dan differential pipe sticking yang mungkin disebabkan litologi formasi menembus formasi shale yang tebal, sehingga masalah tersebut dapat memperlambat laju penembusan dan meningkatkan biaya operasi pemboran. Maka dilakukan analisis swelling clay untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kereaktifan cutting dengan mengidentifikasi kadar clay pada Formasi Telisa serta melakukan perencanaan lumpur pemboran yang akan digunakan, agar sesuai apabila menembus Formasi Telisa sehingga tidak terjadi Swelling Clay. Terdapat 3 jenis lumpur water base mud yang berbeda yaitu 7% KCL Polymer PHPA, 7% KCL Polymer Polyamine, dan 7% KCL Polymer Soltex. Metode ini dilakukan uji laboratorium dengan melakukan beberapa pengujian Densitas, Yield Point, Plastic Viscosity, Gel Strength, MBT (Methylene Blue Test) dan LSM (Linear Swelling

Meter). Hasil didapat dari pengujian lumpur 7% KCl Polymer, PHPA yaitu Densitas 9.9 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 18 lb/100 ft², MBT 15 meq, dan LSM 29.5 meq/100 gr. Pada pengujian lumpur 7% KCl Polymer Polyamine yaitu Densitas 9.8 ppg, Plastic Viscosity 19 cp, Yield Point 18 lb/100 ft², MBT 12,5 meq, dan LSM 24,375 meq/100 gr. Pada pengujian lumpur 7% KCl Polymer Soltex yaitu Densitas 9.7 ppg, Plastic Viscosity 20 cp, Yield Point 17 lb/100 ft², MBT 10 meq dan LSM 19,5 meq/100 gr. Terdapat perbedaan nilai pada sifat-sifat lumpur di setiap pengujian dengan menggunakan 3 jenis additive berbeda

Pendahuluan

Dalam tahap eksplorasi terdapat proses operasi pemboran sumur bertujuan untuk membuat lubang di lokasi yang diidentifikasi terdapat minyak / gas. Dalam pengeboran dibutuhkan lumpur pemboran untuk kepentingan aspek keselamatan dan mengefisienkan biaya pengeboran (Junianto et al., 2017). Lumpur pemboran dapat berupa cairan penembus yang digunakan di tengah-tengah gagang bor dan lumpur penembus memiliki kapasitas seperti menahan berat simpan, mengangkat stek, media untuk mengetahui lapisan, dan sebagainya (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015). Shale merupakan batuan sedimen yang terjadi dari endapan-endapan lempung (clay) (Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, 2015). Jika dalam formasi produktif terdapat lempung yang dapat lepas dari kontak dengan air, maka lempung tersebut mengembang dan menyebarkan. Ketika lempung yang tersebar mengalir melalui ruang pori-pori dengan fluida sampai menyumbat pori-pori batuan dan membentuk penutup, dapat menghentikan atau menghalangi aliran (Rubiandini, 2010a)(Rubiandini, 2010c). MBT (Methylene Blue Test) dalam keadaan aqueous adalah pewarna kationik (C₁₆H₁₈N₃SC₁) yang berfungsi sebagai indikator dalam percobaan laboratorium. MBT merupakan salah satu metode tercepat dan terakurat untuk mengetahui kadar clay dalam agregat halus (Yukselen & Kaya, 2008). LSM (Linear Swelling Meter) digunakan untuk melihat pengembangan (swelling) dan tingkat reaksi dari mineral clay yang diambil dari cutting sumur pemboran apabila dikontakkan dengan lumpur pemboran di kedalaman sumur tertentu (Frisilia, 2019).

Berdasarkan pemaparan diatas, pada penelitian ini dilakukan analisis swelling clay di formasi telisa untuk perencanaan lumpur pemboran skala laboratorium, untuk mengetahui kereaktifan cutting dengan mengidentifikasi kadar clay dan dilakukan perencanaan lumpur pemboran yang akan digunakan, agar sesuai apabila menembus formasi telisa sehingga tidak terjadi swelling clay.

Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT Sumber Data Persada.

Proses penelitian ini merupakan suatu proses yang terdiri dari tahap yang saling terkait secara sistematis satu dengan yang lainnya. Sementara tahapan itu terdiri dari langkah-langkah penelitian yang akan menguraikan sistematis penelitian lebih detail.

Alur metodologi penelitian sebagai berikut: Persiapan data (Sumber referensi, Data DDR, Data DMR & Sampel Shale), Studi Laboratorium (Menguji Densitas, Menguji PV, YP & GS, Menguji MBT dan Menguji LSM), Pengolahan Data, Hasil & Pembahasan, Kesimpulan dan Saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada formasi telisa yang berada di kedalaman 714 ft hingga 1800 ft. Adapun hal pertama yang dilakukan adalah saat pemboran sumur x sedang beroperasi pada trayek 121/4 yang menembus formasi telisa yang didominasi lapisan shale yang mengandung clay yang reaktif air filtrat lumpur dan air formasi oleh clay yang mengakibatkan clay tersebut mengembang (swelling). Sehingga masalah lempung harus diatasi dengan mud properties yang baik agar tidak meningkatkan mud weight. Oleh karena itu diperlukan analisis swelling clay untuk perencanaan lumpur pemboran agar dapat mengatasi masalah swelling clay, sloughing shale, caving shale, dan differential pipe sticking yang mungkin disebabkan litologi formasi menembus formasi shale yang tebal, sehingga masalah tersebut dapat memperlambat laju penembusan dan meningkatkan biaya operasi pemboran. Sehingga penulis melakukan penelitian masalah swelling clay diambil sampel cutting pada kedalaman 1118 ft untuk pengaruh masing-masing komponen zat-zat dalam formulasi lumpur terhadap sampel cutting yang memiliki kandungan clay paling banyak. Dalam penelitian dilakukan pengujian MBT (Methylene Blue Test) untuk menghitung harga CEC-nya, dan pengujian LSM (Linear Swelling Meter) merujuk pada hasil LSM berupa persentase perubahan swelling. Pada saat sedang melanjutkan pengeboran di 12-1/4" hole section pada saat RBIH 12-1/4" PDC + Rotary BHA dari 558 ftMD ke 1,257 ftMD, terdapat tight spot di 724 ftMD. MU Kelly dan light reaming. Working pipe without pump & rotate. OK.

Kemudian pada saat melanjutkan RIH 9-5/8" Casing K-55, 43.5 ppf, R3, BTC dari 33 ftMD ke 719 ftMD. Terdapat tight spot di interval 179 ftMD - 724 ftMD. Circulated and wash down with parameter FR: 314-370, SPP 102-180 psi. Put all casing weight while circulating. No success. Rotate casing with power tong and pass-through tight spot & Continue RIH 9-5/8" Casing K-55, 43.5 ppf, R3, BTC dari 724 ftMD ke 1,251 ftMD Casing point.

3.2. Mendesain Lumpur

Berdasarkan dari penelitian dan bahan-bahan kimia yang digunakan serta data yang telah didapatkan melalui laboratorium di PT Sumber Data Persada. Jenis lumpur yang digunakan dengan water base mud. Ketika lempung yang tersebar mengalir melalui ruang pori-pori dengan fluida sampai menyumbat pori-pori batuan dan membentuk penutup, dapat menghentikan atau menghalangi aliran. (Rubiandini, 2010c). MBT merupakan salah satu metode tercepat dan terakurat untuk mengetahui kadar clay dalam agregat halus (Yukselen & Kaya, 2008). Kondisi ini perlu dilakukan uji variasi lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.1 Fluid Formulation 7% KCl Polymer PHPA

<i>Fluid Formulation</i>	<u>S.G</u>	Conc. (ppb)	350 (ml)	<i>Mixing Time (min)</i>	Ket
<i>Aquadest</i>	1.00	318.54	318.54	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
PHPA	1.00	0.50	0.50	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

Tabel 4.2 Fluid Formulation 7% KCl Polymer Polyamine

<i>Fluid Formulation</i>	<u>S.G</u>	Conc. (ppb)	350 (ml)	<i>Mixing Time (min)</i>	Ket
<i>Aquadest</i>	1.00	318.53	318.53	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
Polyamine	0.98	0.50	0.51	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

Tabel 4.3 Fluid Formulation 7% KCl Polymer Soltex

<i>Fluid Formulation</i>	<u>S.G</u>	Conc. (ppb)	350 (ml)	<i>Mixing Time (min)</i>	Ket
<i>Aquadest</i>	1.00	318.61	318.54	-	-
<i>Bentonite</i>	2.60	4.00	1.54	10	<i>LOW</i>
<i>Soda Ash</i>	2.53	0.25	0.10	1	<i>LOW</i>
KOH	2.00	0.23	0.12	1	<i>LOW</i>
PAC-LV	1.50	3.00	2.00	8	<i>LOW</i>
PAC-R	1.50	0.25	0.17	8	<i>HIGH</i>
XCD	1.50	0.30	0.20	10	<i>HIGH</i>
KCl	1.99	25.60	12.86	5	<i>HIGH</i>
Soltex	1.15	0.50	0.43	5	<i>HIGH</i>
Barite	4.20	58.68	13.97	5	<i>MED</i>

3.3. Hasil Analisis Data dan Perhitungan Lumpur

Adapun hasil menganalisis pengaruh perbedaan formulasi lumpur terhadap sampel cutting berdasarkan kurva swelling, sebelum masuk ke dalam tahap uji swelling akan dilakukan uji plastic viscosity, yield point, gel strength dan MBT. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komponen kimia dalam formulasi lumpur yang memiliki impact paling besar terhadap naik turunnya tingkat swelling dengan variabel tetap berupa sampel yang memiliki jumlah clay yang paling banyak, dan variasi lumpur sebanyak 3 sampel. Adapun hasil dari parameter yang telah diuji dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Lumpur

<i>Mud Properties</i>		<i>Water Based Mud</i>		
		<i>7% KCl Polymer PHPA</i>	<i>7% KCl Polymer Polyamine</i>	<i>7% KCl Polymer Soltex</i>
Mud Weight (ppg)	9.0-10.0	9.9	9.8	9.5
Rheology				
600 Rpm		58	58	56
300 Rpm		38	37	37
200 Rpm		28	28	27
100 Rpm		18	19	17
6 Rpm		4	5	4
3 Rpm		4	4	3
<i>Plastic Viscosity (cps)</i>	16 - 20	20	20	19
<i>Yield Point (lb/100 ft²)</i>	13 - 24	18	17	18
<i>Gel Strength 10 sec (lb/100 ft²)</i>	3 - 5	4	6	5
<i>Gel Strength 10 min (lb/100 ft²)</i>	6 - 8	6	8	7
<i>API Filtrate (ml)</i>	< 6	5.8	6	6
<i>Mud Cake (mm)</i>	< 1	0.8	0.8	0.7
pH	9.0-9.5	9.5	9.4	9.5
MBT (ppb)	< 20	15	12.5	10

3.4. Hasil Analisis Data Cutting

Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah data kualitatif berupa hasil volume MBT yang dihasilkan pada sampel cutting, dan hasil uji swelling berupa kurva LSM antara sampel yang memiliki kandungan clay terbanyak dengan tiga additive water base mud. Kemudian hasil data tersebut dianalisis untuk mengidentifikasi formulasi lumpur terbaik antara sampel 1, 2, dan 3 serta pengaruh reaksi kimia yang terjadi.

Untuk mengetahui sample cutting termasuk jenis mineral clay mana, metode Cation Exchange Capacity agar memudahkan kita dalam menganalisa reaksi lumpur terhadap cutting perhitungannya sebagai berikut:

- a. 7% KCl Polymer PHPA
 $CEC, meq/100\text{ gr} = \text{Volume MBT avg} \times 1.95$
 $= 15 \times 1.95$
 $= 29.5 meq/100\text{ gr}$
- b. 7% KCl Polymer Polyamine
 $CEC, meq/100\text{ gr} = \text{Volume MBT avg} \times 1.95$
 $= 12.5 \times 1.95$
 $= 24.375 meq/100\text{ gr}$
- c. 7% KCl Polymer Soltex
 $CEC, meq/100\text{ gr} = \text{Volume MBT avg} \times 1.95$
 $= 10 \times 1.95$
 $= 19.5 meq/100\text{ gr}$

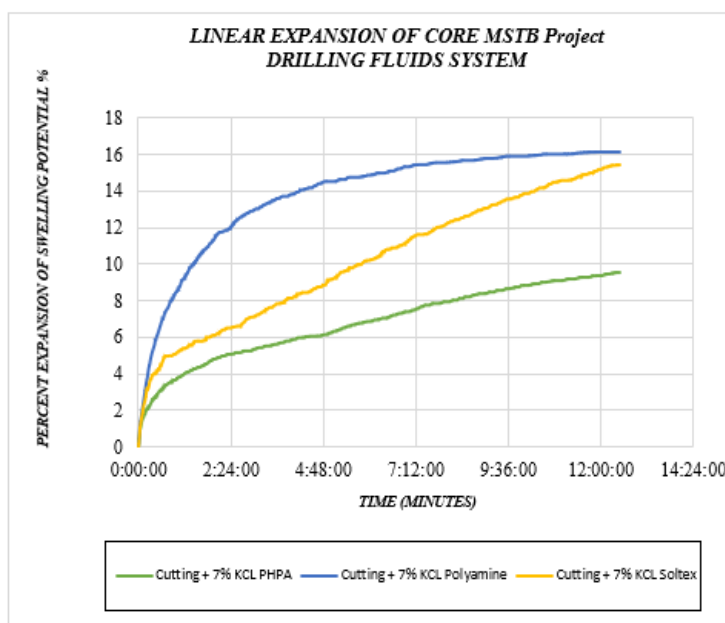
Tabel 4.5 Hasil CEC (Cation Exchange Capacity)

Lumpur Pemboran	Kedalaman Sampel (ft)	Hasil MBT (ppb)	Kandungan Clay (meq/100 gr)
7% KCl Polymer PHPA	1118	15	29,5
7% KCl Polymer Polyamine		12.5	24,375
7% KCl Polymer Soltex		10	19,5

Pada tabel diatas pengaruh dari setiap lumpur pemboran memiliki nilai yang berbeda pada MBT dan kandungan clay. Hasil yang memiliki jumlah clay terbanyak adalah penggunaan lumpur pemboran 7% KCl Polymer PHPA dengan 29.5 meq/100 gr. Seperti pada klasifikasi Tabel 2.4 untuk klasifikasi shale yang sesuai yaitu class A, texture soft, clay content yaitu montmorillonite dan illite. Kandungan clay yang banyak mengindikasikan batuan cutting reaktif karena Setingkat swelling yang dihasilkan besar ketika kontak langsung dengan lumpur pemboran. Berdasarkan hasil clay penulis memilih lumpur pemboran 7% KCl Polymer PHPA dengan jumlah clay paling banyak sebagai parameter terikat karena sifat cutting di lumpur pemboran tersebut reaktif sehingga perubahan mudah diamati.

3.5. Hasil Analisis Swelling Clay Menggunakan Linear Swell Meter

Pada analisis lumpur water base mud menggunakan alat Linear Swell Meter menghasilkan data berupa persentase swelling dengan jangka waktu analisa (minute) pada data tersebut. Maka dari itu terdapat perbandingan antara hasil pengukuran menggunakan additive lumpur yang berbeda. Adapun hasil yang terlihat dari kurva yang membandingkan antara variasi additive lumpur water base mud yang didapatkan adalah pada grafik 4.1 yaitu:



Grafik 4.1 Hasil Pengujian dengan Alat *Linear Swell Meter* pada Lumpur Water Base Mud dan perbandingan *Additive* berbeda pada Batuan Shale

Pada grafik 4.1 menunjukkan bahwa pengujian menggunakan cutting yang sama, additive lumpur yang berbeda yaitu 7% KCl PHPA, 7% KCl Polyamine, dan 7% KCl Soltex menggunakan alat Linear Swell Meter. Dalam waktu 864 menit (14 jam 24 menit) sistem lumpur water base mud dengan menggunakan 3 additive berbeda memiliki nilai swell yang berbeda yaitu 7% KCl PHPA memiliki nilai 9.5%, dan untuk 7% KCl Polyamine memiliki nilai 15.39%, dan untuk 7% KCl Soltex memiliki nilai 16.13%.

3.6. Pembahasan Analisis Swelling Clay Di Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran

Berdasarkan analisis Swelling Clay di Formasi Telisa untuk Perencanaan Lumpur Pemboran yang didapatkan sebagai berikut:

1. Nilai CEC (Cation Exchange Capacity) dari setiap lumpur yang diuji menggunakan sampel cutting dan kedalaman sama, yaitu 7% KCl Polymer PHPA=29.5 meq/100 gr, 7% KCl Polymer Polyamine=24.375 meq/100 gr, 7% KCl Polymer Soltex=19.5 meq/100 gr.
2. Nilai LSM (Linear Swell Meter) dari setiap lumpur yang diuji menggunakan sampel cutting dan kedalaman yang sama, yaitu 7% KCl PHPA memiliki nilai 9.5%, dan untuk 7% KCl Polyamine memiliki nilai 15.39%, dan untuk 7% KCl Soltex memiliki nilai 16.13%.
3. Penggunaan lumpur pemboran dengan additive 7% KCl Polymer PHPA lebih efektif dibandingkan 7% KCl Polymer Polyamine, dan 7% KCl Polymer Soltex dilihat dari nilai CEC Cation Exchange Capacity) dan LSM (Linear Swell Meter)
4. Alasan mengapa dalam satu sistem menggunakan 2 chemical yang berbeda yaitu karena KCL Polymer berfungsi sebagai material inhibit utama untuk mengatasi swelling clay dimana dasar dari sistem ini adalah anionic pengkapsulan (encapsulating) polymer fluid yaitu polymer membungkus serbuk bor (cutting) pada saat pembersihan lubang. KCL dalam air akan terurai menjadi ion K⁺ dan Cl⁻. Dalam menstabilkan mineral shale, ion - ion K⁺ akan menggantikan kedudukan ion Na⁺. Sehingga di dalam plate shale ion K⁺ akan terikat jauh lebih kuat dibandingkan ion Na⁺ dengan plate clay antara clay dengan air, sehingga daya tolak-menolak antara partikel plate clay di dalam air akan berkurang. Semakin kuat daya tarik menarik antar clay maka akan semakin banyak air yang terbebas antara clay keluar sistem. Hal ini disebabkan karena adanya ion K⁺ memiliki jari - jari atom yang besar, yang dapat menutup microfracture shale dan mencegah masuknya air ke dalam microfracture sehingga mengurangi pengeringan (hidrasi) shale. Sedangkan K-Soltex digunakan sebagai chemical pendukung untuk menjaga kestabilan lubang bor, reduce torque, drag dan filtrat lumpur pemboran.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis swelling clay di formasi telisa untuk perencanaan lumpur pemboran skala laboratorium maka didapatkan kesimpulan hasil kereaktifan cutting dengan mengidentifikasi kadar clay pada formasi telisa pada trayek 121/4 inch tersebut dengan penggunaan additive 7% KCl Polymer PHPA yaitu 29.5 meq/100 gr. Seperti pada klasifikasi Tabel 2.4 untuk klasifikasi shale yang sesuai yaitu class A, texture soft, clay content montmorillonite dan illite. Kandungan clay yang banyak mengindikasikan batuan cutting reaktif karena tingkat swelling yang dihasilkan besar ketika kontak langsung dengan lumpur pemboran. Komposisi lumpur yang sesuai menggunakan additive 7% KCl Polymer PHPA yaitu terdiri dari 318.54 ml Aquadest, 1.54 gr Bentonite, 0.10 gr Soda Ash, 0.12 gr KOH, 2.0 gr PAC-LV, 0.17 gr PAC-R, 0.20 gr XCD, 12.86 gr KCl, 0.50 gr PHPA, dan 13.97 gr Barite. Dengan hasil dari parameter yang telah diuji yaitu memiliki Densitas 9.9 ppg Plastic Viscosity 20 cps, Yield Point 18 lb/100 ft², Gel Strength 10 sec 4 lb/100ft², Gel Strength 10 min 6 lb/100ft², API Filtrate 5.8 ml, Mud Cake 0.8 mm, pH 9.5 dan MBT 15 lb/bbl.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. M. (2013). Lumpur dan Hidrolika Lumpur Pengeboran. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Ariesnawan, R. A. (2015). Karakteristik Mekanik dan Dinamik Clay Shale Kabupaten Tuban Terhadap Perubahan Kadar Air. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Braja, M. Das. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). In P. D. Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc. & P. Ir. Indrasurya B. Mochtar M.Sc. (Eds.), Institut Teknologi 10 Nopember (1st ed., Vol. 1). Erlangga.
- Fadillah Widiatna, Bayu Satyawira, A. S. (2015). Analisis Penggunaan Lumpur Pemboran Pada Formasi Gumai Shale Sumur K- 13, S - 14 dan Y-6 Trayek 12 1/2" CNOOC SES Ltd. Seminar Nasional Cendekiawan, 361–367.
- Fann Instrument Company. (2013). Methylene Blue Kit Instruction Manual. Methylene Blue Kit Instruction Manual, 209860, 10.
- Frisilia, N. (2019). Analisis Pengaruh Formulasi Lumpur Water Based Mud terhadap Tingkat Swelling Menggunakan LSM pada sumur X. 1–48.
- Herianto, & Djoko, A. (2015). Analisa Swelling Clay Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran.pdf (B. Triwibowo, H. T. Siri, I. Widiyaningsih, & W. Raharjo (eds.); Seminar Na). Fakultas Teknologi Mineral.
- Holbeche, G., Gileks, R., & George, R. J. (2010). Clay Mineral Assemblages in Valley Floor Soils in South-west Australia. Houston. (2017). Methylene Blue Test Kit. OFI Testing Equipment, Inc, 00, 1–9.
- Irsyam, M. (2010). Slop Failure of An Embankment on Clay Shale at Clay Shale at Km 97+500 of The Cipularang Toll Road and The Selected Solution. International Symposium on Geotechnical Engineering.
- Junianto, A., Rosyidan, C., & Satiyawira, B. (2017). Perencanaan Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Air pada Sumur X Lapangan Y. PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan, 6(4), 116–124.
- Lummus J. L., & Azar. (1986). Drilling Fluids Optimization. In Penn Well Publishing Co. Tulsa Oklahoma.
- Permen ESDM No.045 Tahun 2006. (2006). Permen ESDM No.045 Tahun 2006.
- Rubiandini, R. (2010a). Deskripsi Material Clay. Institut Teknologi Bandung MPR, Drill-014, 1–46.
- Rubiandini, R. (2010b). Hole Problem. Institut Teknologi Bandung-MPR, Drill-007, 1–26.
- Rubiandini, R. (2010c). Lumpur Dasar Minyak (Oil Base Mud). Institut Teknologi Bandung MPR, Drill-015, 1–24.
- Sadiq R. (2004). Risk-Based Decision-Making for Drilling Waste Discharges Using A Fuzzy Synthetic Evaluation Technique.
- Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering. (2004). In Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering.
- Suhascaryo, N., Pasaribu, H., & Herlambang, S. (2020). Strategi Pengembangan Ukm Pemanfaatan Vicoil Sebagai Kegiatan Upaya Menunjang Operasi Pemboran Migas Dan Panas Bumi. In Percetakan Universitas Pembangunan Nasiolan "Veteran" Yogyakarta (1st ed., Vol. 1, Issues 978-623-6797-33-4).
- Utami, D. N. (2018). Kajian Jenis Mineralogi Lempung Dan Implikasinya Dengan Gerakan Tanah. Jurnal Alami : Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana, 2(2), 89. <https://doi.org/10.29122/alami.v2i2.3095>
- Wakim, J. (2005). Effect of water on the mechanical behaviour of shales. Colloque Post-Mining.
- Wikipedia. (n.d.-a). Allophane. <https://en.wikipedia.org/wiki/Allophane>
- Wikipedia. (n.d.-b). Halloysite. Halloysite. <https://en.wikipedia.org/wiki/Halloysite>
- Yool, A. I., Less, T., & Fried, A. (1998). Improvements to the methylene blue dye test for harmful clay in aggregates for concrete and mortar. School of Civil Engineering, Penrhyn Road, 28(10). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884698001148#>
- Yukselen, & Kaya. (2008). No Suitability of the Methylene Blue Test for surface area, cation exchange capacity and swell potential determination of clayey soils. Engineering Geology.

Yunita, L. (2018). Studi Komparasi Penentuan Viskositas Lumpur Pemboran Menggunakan Marsh Funnel dan Viscosimeter Berbasis Video Berbantuan Software Tracker. *Offshore*, 2. https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_OFFSHORE/article/view/348