

STUDI LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN STARCH TERHADAP FILTRAT PADA LUMPUR KCL POLYMER PHPA 7% SUMUR “N” PT. SUMBER DATA PERSADA

Winarto, Ismanu Yudiantoro, Panca Suci Wudiantoro, Nada Rihadatul Aisy

Program Studi D-3 Perminyakan, ITPB Balongan, Indramayu, Indonesia

*Email untuk Korespondensi: winartoitpb@gmail.com

ABSTRAK

Sumur “N” merupakan sumur pengembangan (development) dimana terdiri dari Formasi Minas, Petani, Telisa, Upper Sihapas dan Lower Sihapas. Target formasi pada penelitian kali ini yaitu Formasi Telisa pada kedalaman 900 – 1100 ft. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan starch terhadap filtrat pada lumpur KCL Polymer PHPA 7% yang digunakan dalam pengeboran sumur “N” oleh PT. Sumber Data Persada. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk mengamati langsung pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap batuan sandstone dalam meningkatkan recovery factor. Hasil penelitian menunjukkan pada trayek 12-1/4” dengan ukuran casing 9-5/8” dan kedalaman 900-1100 ft, batuan shale mendominasi dengan masalah potensial seperti swabbing, tight hole, over-pull, sloughing shale, dan stuck. Pencegahan dilakukan dengan menjaga pipa tetap bergerak dan memeriksa sifat lumpur untuk rheology yang baik, serta menggunakan shale control additive. Program drilling fluid menunjukkan karakteristik lumpur yang diinginkan dan semua formulasi lumpur memenuhi spesifikasi, kecuali beberapa formulasi pH yang memerlukan penyesuaian. Pengujian menunjukkan bahwa penambahan starch 4 ppb memberikan hasil mud properties yang sesuai dengan spesifikasi, termasuk penurunan volume filtrate yang sesuai standar API. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, komposisi yang digunakan pada Lumpur KCL Polymer PHPA 7% meliputi Fresh Water, Bentonite, KOH, Soda Ash, Starch, PAC-LV, PAC-R, XCD, KCL, PHPA Powder, dan Barite.

Kata kunci:

additive, filtration loss, mud filtrat, lumpur pemboran, starch

Keywords:

additive, drilling sludge, filtration loss, mud filtrate, starch

Well “N” is a development well which consists of the Minas, Peasant, Telisa, Upper Sihapas and Lower Sihapas Formations. The formation target in this study is the Telisa Formation at a depth of 900 – 1100 ft. The purpose of this study is to evaluate the effect of the addition of starch on filtrate in KCL Polymer PHPA 7% mud used in the drilling of the “N” well by PT. Source of Persada Data. This study uses a laboratory experiment method to directly observe the effect of surfactant concentration on sandstone rocks in increasing recovery factors. The results showed that on a 12-1/4” route with a case size of 9-5/8” and a depth of 900-1100 ft, shale rocks dominated with potential problems such as swabbing, tight holes, over-pull, sloughing shale, and stuck. Prevention is carried out by keeping the pipe moving and checking the properties of the sludge for good rheology, as well as using shale control additives. The drilling fluid program shows the desired mud characteristics and all mud formulations meet the specifications, except for a few pH formulations that require adjustment. Testing showed that the addition of 4 ppb starch yielded mud properties that met the specifications, including a decrease in the volume of filtrate that met the API standard. From the results of the study, the following conclusions can be drawn: Based on the results of analysis and calculations, the composition used in KCL Polymer PHPA 7% Sludge includes Fresh Water, Bentonite, KOH, Soda Ash, Starch, PAC-LV, PAC-R, XCD, KCL, PHPA Powder, and Barite.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Pada pembooran suatu sumur, tujuan utama yang paling penting adalah mencapai zona reservoir dengan aman, cepat, dan ekonomis. Salah satu komponen yang penting dalam proses pembooran adalah *drilling fluid* (fluida pembooran) atau disebut *drilling mud* (lumpur pembooran) (Haryadi, 2019; Kusworo et al., 2023). Desain lumpur pembooran perlu direncanakan secara tepat untuk menghindari masalah selama proses pembooran berlangsung. Salah satu masalah yang terus terjadi pada saat operasi pembooran adalah *filtration loss*, dimana air yang terkandung dalam lumpur pembooran masuk ke dalam formasi (Khalid et al., 2019; Mansah et al., 2024). *Additive* yang saat ini digunakan pada industri perminyakan untuk menanggulangi *filtration loss* adalah *carboxymethyl cellulose* (CMC). Lumpur yang menggunakan bahan dasar campuran *additive* berupa CMC berguna untuk mengikat air dan meningkatkan kekentalan. Untuk mengurangi *filtration* pada *drilling mud* maka perlu perencanaan lumpur yang baik. *Additive* ini merupakan jenis kimia yang cukup mahal, oleh karena itu perlu adanya *additive* baru yang ekonomis dan dapat menanggulangi *filtration loss* (Ali & Ahmad, 2022; Wastu et al., 2023). Dalam tugas akhir ini, peneliti menggunakan *additive starch* yang dapat menanggulangi *filtration loss*. Peneliti menggunakan skala laboratorium dalam menganalisis volume filtrat yang dihasilkan pada saat pengujian lumpur. *Starch* di lumpur pembooran berfungsi untuk *fluid loss control* dan *viscosifier* (Talukdar et al., 2018).

Starch dapat berfungsi sebagai *additive* yang mampu meningkatkan dan menurunkan viskositas lumpur dan juga mengontrol kehilangan cairan/*filtration loss*. Ini mengandung dua komponen penting, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa membantu meningkatkan sifat cairan pengeboran, terutama viskositas dan kontrol *filtration loss*. *Starch* dapat berfungsi dengan baik sebagai *fluid loss control agent* dengan hadirnya ion kalsium dan sodium. Oleh karena itu, *additive* ini cocok digunakan untuk lumpur salt water atau lumpur lime. Jika digunakan *pre-treated non fermenting starch*, maka tidak perlu digunakan *bacteriacide*. Kerugian penggunaan *starch* yaitu kenaikan viskositas sering terjadi, harus digunakan *bacteriacide* untuk mencegah degradasi jika *starch* bukan *pre-treated*, juga *starch* rentan terhadap panas diatas 250F. Selama lima puluh tahun terakhir, *starch* telah digunakan secara luas dalam bentuk aslinya atau bentuk modifikasi, sebagai *agent control* filtrasi dalam lumpur pembooran, karena kelimpahannya, biaya rendah, dan *biodegradabilitasnya*. Penelitian ini meliputi sifat fisik lumpur pembooran seperti viskositas, *gel strength*, *plastic viscosity*, *filtration loss*, dan *mud cake*. Pengaruh penambahan *additive starch* terhadap lumpur pembooran akan menjadi penelitian awal untuk mengetahui kemampuan *starch* dalam menggantikan CMC industry dalam mengatasi *filtration loss*.

Penelitian ini berfokus pada studi laboratorium yang mengevaluasi pengaruh penambahan *starch* terhadap filtrat pada lumpur KCl polymer PHPA 7% di sumur "N" PT. Sumber Data Persada. Lumpur pengeboran dengan KCl polymer PHPA dikenal memiliki karakteristik yang stabil dan efisiensi tinggi dalam mengendalikan filtrasi, namun seringkali membutuhkan bahan tambahan untuk lebih meningkatkan performanya. Dalam konteks ini, *starch* (pati) digunakan sebagai aditif untuk menilai kemampuannya dalam mengurangi volume filtrat. Metode penelitian melibatkan pengujian sampel lumpur dengan berbagai konsentrasi *starch*, di mana parameter utama yang diukur adalah volume filtrat dan kualitas lumpur yang dihasilkan. Hasil penelitian diharapkan memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana penambahan *starch* mempengaruhi sifat-sifat filtrasi lumpur KCl polymer PHPA, serta memberikan rekomendasi praktis bagi industri pengeboran dalam meningkatkan efisiensi dan stabilitas lumpur pengeboran mereka. Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan formulasi lumpur yang lebih efisien dan ramah lingkungan, yang penting bagi keberlanjutan operasional perusahaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *starch* terhadap filtrat pada lumpur KCL Polymer PHPA 7% yang digunakan dalam pengeboran sumur "N" oleh PT. Sumber Data Persada. Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana variasi konsentrasi *starch* mempengaruhi karakteristik filtrat, seperti volume dan stabilitas, dalam lumpur pengeboran. Dengan memahami hubungan ini, diharapkan dapat diperoleh formulasi lumpur pengeboran yang lebih efektif dan efisien, yang dapat meningkatkan kinerja pengeboran serta mengurangi risiko masalah teknis seperti *stuck pipe* dan *loss circulation*. Manfaat dari penelitian ini mencakup beberapa aspek penting. Pertama, hasil penelitian dapat memberikan panduan praktis bagi industri pengeboran dalam mengoptimalkan penggunaan bahan aditif, khususnya *starch*, untuk meningkatkan performa lumpur pengeboran. Kedua, dengan memahami pengaruh *starch* terhadap filtrat, perusahaan dapat mengurangi biaya operasional dan downtime yang terkait dengan masalah teknis selama proses pengeboran. Ketiga, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik pengeboran, khususnya dalam hal pemahaman tentang interaksi antara aditif lumpur dan properti filtrat. Akhirnya, manfaat jangka panjang dari penelitian ini adalah meningkatkan

keselamatan dan efisiensi operasional dalam industri pengeboran, yang pada gilirannya dapat mendukung pertumbuhan ekonomi sektor energi.

METODE

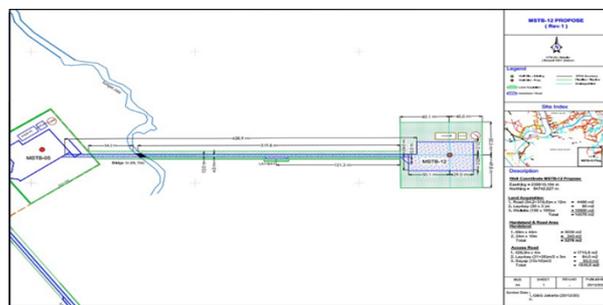
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk mengamati langsung pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap batuan *sandstone* dalam meningkatkan *recovery factor* (Yulia, 2018). Langkah-langkah yang dilakukan meliputi perhitungan properti lumpur pemboran, pengecekan alat dan bahan, pemahaman konsep penelitian, pengumpulan bahan berdasarkan PDS, serta konsultasi dengan pembimbing dan senior di laboratorium. Populasi penelitian adalah semua jenis lumpur pemboran yang digunakan di PT. Sumber Data Persada, dengan sampel yang mengandung bahan-bahan seperti KCL POLYMER PHPA 7% yang terdiri dari Fresh Water, Bentonite, KoH, Soda Ash, PAC-LV, PAC-R, XCD-Polymer, KCL, Starch, PHPA Powder, dan Barite. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Sumber Data Persada dalam rentang waktu yang memadai untuk melakukan serangkaian percobaan dan pengumpulan data yang diperlukan.

Teknik pengumpulan data meliputi perhitungan properti lumpur pemboran, pengecekan alat dan bahan, konsultasi dengan pembimbing dan senior di laboratorium, pengumpulan produk atau bahan berdasarkan PDS, serta pengolahan data di laboratorium yang mencakup data produk, pembuatan lumpur, dan hasil pengujian lumpur pemboran. Data yang telah dikumpulkan diolah dan dianalisis dengan cara mengenal bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lumpur pemboran berdasarkan Produk Data Sheet, menganalisis data pembuatan lumpur termasuk konsentrasi dan berat bahan, membandingkan properti lumpur pemboran sebelum dan sesudah penambahan starch, serta menganalisis data rheology dan sifat fisik lumpur yang telah dibuat. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan konsentrasi surfaktan yang optimum dalam meningkatkan *recovery factor* pada batuan sandstone.

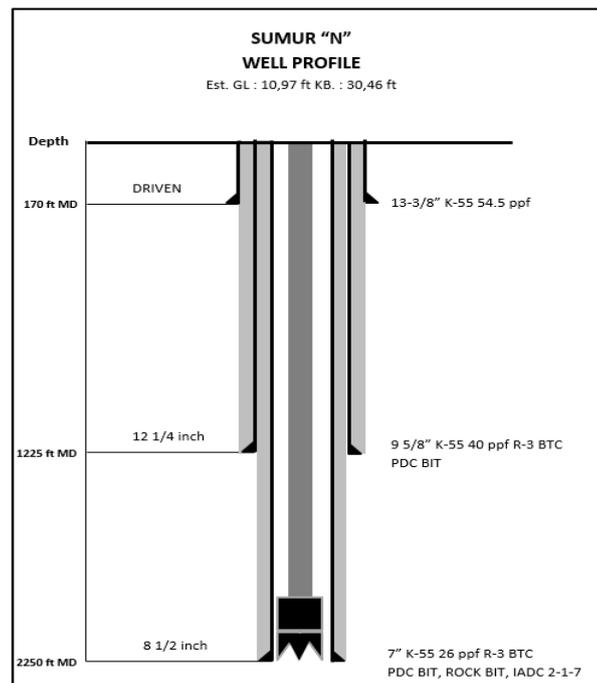
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

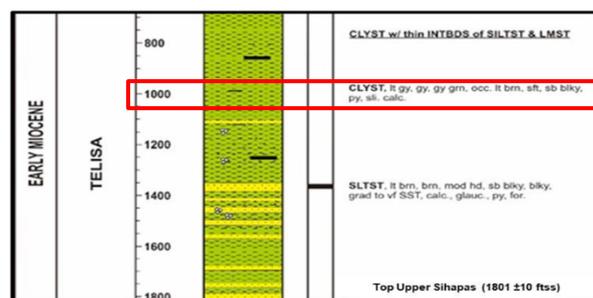
Pada penelitian ini menggunakan data dari Sumur "N" Trayek 12-1/4" pada Formasi Telisa yang berada dikedalaman 900 - 1100 ft, berlokasi di Distirct Meranti, Blok TB Porvinsi Kepulauan Riau. Dimana pada sumur "N" melewati beberapa Trayek mulai dari 12-1/4", 8-1/2", dan 7". Adapun formasi yang dilewati pada sumur "N" yaitu Formasi Minas dan Formasi Petani yang dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Sumur "N"



Gambar 2 Well Profile Sumur "N"



Gambar 3 Well Prognosis "N"

Berdasarkan data *Well Prognosis*, Gambar 3 Formasi Telisa memiliki formasi batuan yang banyak mengandung *shale*. *Shale* atau serpih biasanya merupakan hasil endapan lingkungan laut, terutama terdiri dari lumpur, *silt* dan *clay*. Bila makin dalam letaknya, karena tekanan *overburden* dan *temperature* yang tinggi, endapan tersebut mengalami konsolidasi menjadi serpih (*shale*).

Sumur "N" terletak di Cekungan Sumatera Tengah. Cekungan Sumatera Tengah terletak di antara Cekungan Sumatera Utara dan Cekungan Sumatera Selatan yang dibatasi oleh Dataran Tinggi Asahan di sebelah utara dan barat laut. Cekungan Sumatera Tengah ini merupakan bagian dari suatu seri cekungan busur belakang di antara blok mikro-kontinental yang stabil yang dikenal sebagai Paparan Sunda yang terletak di sebelah timur laut dari suatu zona penunjaman di sebelah barat daya yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng Samudera Indonesia ke arah utara sepanjang tepi paparan Sunda yang menghasilkan pengangkatan berupa Pegunungan Barisan

Sedimen tersier pada Selat Malaka sangat dipengaruhi oleh fluktuasi muka laut dan dapat dibedakan menjadi delapan unit litostratigrafi, urutan dari yang paling muda ke yang paling tua, yaitu Formasi Minas, petani, Telisa, Sihapas, Transisi, Manggala, dan Pematang (Dhaifullah, 2022; Prasetyaningrum, 2023). Adapun penjelasan tiap-tiap formasi sebagai berikut (dari paling muda ke paling tua) :

A. Formasi Minas

Formasi Minas terendapkan tidak selaras dengan Formasi Petani dan merupakan akhir dari sedimentasi Cekungan Sumatera Tengah. Endapan ini berumur Kuartar dan *Alluvium recent*. Litologi penyusun berupa endapan kerikil, pasir, dan lempung (Rahmanto, 2020).

B. Formasi Petani

Formasi Petani terletak tidak selaras dengan Formasi Telisa. Formasi ini menggambarkan fase regresif siklus pengendapan tersier Cekungan Sumatera tengah. Litologi penyusunnya dicirikan oleh serpih abu-abu kehijauan dengan sisipan batu pasir dan batu lanau. Lingkungan pengendapannya diawali dengan fasies laut dalam yang kaya dengan organik dan bergradasi menjadi endapan darat yang tidak mengandung organik. Umur Formasi ini berkisar antara Miosen tengah hingga *Plio-Plistosen* (PRATIWI, 2017).

C. Formasi Telisa

Formasi ini terdiri dari serpih dengan sedikit batupasir dan batu lempung. Formasi ini terbentuk pada saat transgresi maksimum pada arah barat laut dan barat daya. Formasi ini menutup hamparan delta yang terbentuk sebelumnya hingga merupakan lapisan penutup bagi reservoir-reservoir utama kawasan Selat Malaka.

D. Formasi Sihapas

Formasi Sihapas terdiri dari batu pasir yang diselingi oleh lapisan tipis batu bara. Batu pasir pada Formasi ini merupakan reservoir utama di Selat Malaka. Formasi ini juga ditandai oleh lapisan tipis batu bara yang digunakan sebagai marker dalam penentuan sebaran formasi.

Formasi ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Sihapas Atas (*Upper Sihapas*), terdiri dari batu lempung, batu lanau, batu bara, dan batu pasir. Glaukonit biasanya dijumpai pada batu pasir dan batu lanau, namun tidak dijumpai pada batu lempung.
- b. Sihapas Bawah (*Lower Sihapas*), terendapkan pada bagian yang rendah sebagai rangkaian dari endapan fluvial pada delta plain. Formasi ini terdiri dari batu pasir yang diselingi oleh batu lempung dan batu bara, pada lapisan batu pasir atas dapat dijumpai glaukonit.

E. Formasi Transisi

Formasi transisi merupakan transisi antara Formasi Menggala dengan Formasi Sihapas pada grup Sihapas. Adapun litologi penyusun pada Formasi ini umumnya berupa fluvial.

F. Formasi Menggala

Formasi Menggala merupakan batuan penyusun paling bawah dari kelompok Sihapas yang berhungan tidak selaras. Umur Formasi Menggala ini berkisar antara Miosen bawah bagian atas hingga Miosen bawah bagian akhir. Formasi ini terdiri dari batuan sedimen kontinen atau alluvial yang berupa batu pasir konglomerat yang memiliki porositas dan permeabilitas yang baik.

G. Formasi Pematang

Formasi ini terdiri dari litologi pasir halus sampai kasar, konglomerat, dan batu lanau. Formasi ini juga terdapat batu lempung yang beraneka warna, serpih karbonat, dan Formasi ini tidak terdapat fosil. Ini menunjukkan bahwa Formasi ini bukan terendapkan pada lingkungan laut melainkan di darat atau dalam lingkungan pengendapan yang kompleks yaitu *fluvial-lacustrine* (Ramdhani, 2017).

Ukuran lubang sumur 12 ¼” dengan size 9 5/8” berada di kedalaman 900 - 1100 ft (MD) Tabel 1.

Tabel 1 Trayek 12 ¼” Hole

Hole size	12-1/4 inches
Casing OD/ID	9-5/8 inches
Type	7 % KCL Polymer PHPA
<i>Density</i>	9 – 9,5 ppg
<i>Plastic Viscosity</i>	10 - 18 cp
<i>Yield Point</i>	18 - 24 lbs/100 ft ²
<i>API Fluid Loss</i>	<6 cc

Pada section ini batuan yang mendominasi adalah batuan *shale*. Adapun potential problem yang mungkin terjadi di section ini sebagai berikut:

Potential Problem : *Swabbing effect, Tight hole, Over-pull, Sloughing Shale, Stuck.*

Pencegahan : Menjaga agar pipa tetap bergerak setiap saat dan memeriksa sifat lumpur untuk memiliki *rheology* dengan kondisi yang baik. Untuk mencegah terjadinya *swabbing*, hindarilah penggunaan stabilizer pengukur penuh dan terapkan kecepatan lambat saat menarik string.

Persiapan : Siapkan beberapa bahan kimia (*shale control additive*).

A. Data Lumpur KCL Polymer PHPA

Berikut merupakan data drilling fluid program, data ini merupakan data karakteristik lumpur pemboran yang diinginkan

Tabel 2 Data Drilling Fluid Program

No.	Descriptions	Unit	Program
1	<i>Hole Diameter</i>	Inch	12 ¼
2	<i>Type of Mud</i>	-	7% KCl Polymer PHPA
3	<i>Mud Weight</i>	ppg	9.0 – 10 ppg
4	<i>Viscosity</i>	cP	45-55
5	<i>Fluid Loss</i>	cc	<6 cc/30 min
6	<i>Plastic Viscosity</i>	cP	16-20
7	<i>Yield Point</i>	lbf/100 ft ²	13-24
8	<i>Gel Strength 10"</i>	lbf/100 ft ²	3-5
9	<i>Gel Strength 10'</i>	lbf/100 ft ²	6-8
10	<i>Cake</i>	in/32	< 1
11	pH	-	9 – 9.5
12	<i>Drilled Solid</i>	%	< 5
13	<i>Sand</i>	%	< 2
14	<i>Potassium (K⁺)</i>	mg/l	> 35.000
15	<i>Calcium</i>	mg/l	< 200
16	<i>Chloride</i>	mg/l	> 35.000

(Sumber : *Drilling Program*, 2021:18)

Dari data drilling fluid program akan diolah sehingga mendapatkan data formulasi lumpur yang diinginkan

<i>Fluid Formulation</i>	Conc. (ppb)	350 ml (ml)	Weight (gr)	500 ml (ml)	Weight (gr)	Mixing Order	Mixing Time, min	Ket.
(or Aquadest) Fresh Water	320,93	320,93	320,93	458,47	458,47			
Bentonite	4,00	1,54	4,00	2,20	5,71	1	10	LOW
Soda Ash	0,25	0,10	0,25	0,14	0,36	2	1	LOW
KOH	1,00	0,50	1,00	0,71	1,43	3	1	LOW
PAC-LV	2,50	1,67	2,50	2,38	3,57	5	8	LOW
PAC-R	0,50	0,33	0,50	0,48	0,71	6	8	HIGH
XCD	0,75	0,50	0,75	0,71	1,07	7	10	HIGH
KCL	25,60	12,86	25,60	18,38	36,57	8	5	HIGH
PHPA Powder	0,50	0,45	0,50	0,65	0,71	9		HIGH
Barite	46,69	11,12	46,69	15,88	66,71	10	10	MED
Mixing by Hamilton Beach LOW:							9	
Mixing by Hamilton Beach MED:		350,00		500,00			10	
Mixing by Hamilton Beach HIGH:							28	
<i>Mud Properties</i>								
Heat Aging Temp, °F:								
Heat Aging, Hours:								
Initial (I)/ Static (S)/ Rolling (R):								
Mud Weight	ppg	9.0 - 10.0						
FV	sec/qt	45 - 55						
600								
300								
200								
100								
6								
3								
PV	cps	16 - 20						
YP	lb/100 ft ²	13 - 24						
10 sec	lb/100 ft ²	3 - 5						
10 min	lb/100 ft ²	6 - 8						
API Filtrate	ml/30 min	< 6						
API Cake	mm	< 1						
pH		9.0 - 9.5						
Chloride	ppm	> 35000						
Ca ⁺⁺	ppm	< 200						
Sand	%							
Solids	%	< 5						
K ⁺	mg/l	> 35000						

Gambar 4 Data Formulasi Lumpur

Berdasarkan data diatas, diketahui formulasi lumpur KCL *Polymer PHPA 7%* yang terdiri dari beberapa bahan *additive* yaitu *Fresh Water, Bentonite, KOH, Soda Ash, PAC-LV, PAC-R, XCD, KCL, PHPA Powder,* dan *Barite*.

B. Hasil Analisis Data dan Perhitungan Lumpur *KCL Polymer PHPA*

Pada percobaan ini, hanya konsentrasi starch saja yang di sensitivity, untuk komponen lainnya tetap. Pada hasil analisis data dan perhitungan lumpur di trayek 12 ¼” tanpa/dan dengan penambahan *additive starch* terdapat perhitungan sebagai berikut :

1. Pengukuran Densitas Lumpur

Tabel 3 Hasil Pengukuran Densitas Lumpur

<i>Properties</i>	Konsentrasi <i>Starch</i> (ppb)	Berat (lb/gal)	Jenis
	0 ppb	9,6	
KCL <i>Polymer PHPA 7%</i>	2 ppb	9,6	
	4 ppb	9,7	
	6 ppb	9,7	

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian densitas lumpur, semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu 9,6 – 9,7 lb/gal.

Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Mud Balance* dari sistem lumpur *KCL Polymer PHPA 7%*

Jika harga pengujian *Densitas* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan bahan *additive* yaitu *barite*. Mengingat fungsi *barite* dapat menambah dari berat lumpur itu sendiri.

2. Pengukuran *Rheology* Lumpur

A. *Plastic Viscosity*

Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Starch Terhadap Filtrat Pada Lumpur Kcl Polymer Phpa 7% Sumur “N” PT. Sumber Data Persada

Tabel 4 Hasil Pengukuran *Plastic Viscosity*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Plastic Viscosity</i> (cp)
KCL Polymer PHPA 7%	0 ppb	17
	2 ppb	17
	4 ppb	20
	6 ppb	20

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian PV (*Plastic Viscosity*), semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu 17-20 cp. Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Rheometer* dari sistem lumpur KCL Polymer PHPA 7%. Jika harga pengujian *Plastic Viscosity* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan bahan *additive* yaitu *PAC-R*, *XCD*, dan *Bentonite*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *Plastic Viscosity*.

B. *Yield Point***Tabel 5** Hasil Pengukuran *Yield Point*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Yield Point</i> (lb/100ft²)
KCL Polymer PHPA 7%	0 ppb	22
	2 ppb	24
	4 ppb	22
	6 ppb	24

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian YP (*Yield Point*), semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu 22-24 lb/100ft². Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Rheometer* dari sistem lumpur KCL Polymer PHPA 7%. Jika harga pengujian *Yield Point* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan dari bahan *additive* yaitu *PAC-R*, *PAC-LV*, *XCD*, dan *Bentonite*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *Yield Point*.

C. *Gel Strength***Tabel 6** Hasil Pengukuran *Gel Strength*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Gel Strength</i>	
		10 sec (lb/100ft ²)	10 min (lb/100ft ²)
KCL Polymer PHPA 7%	0	4	13
	2	4	10
	4	4	8
	6	3	14

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *Gel Strength* 10 sec, semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu 3-4 lb/100ft². Hasil pengujian *Gel Strength* 10 min, hanya terdapat 1 yang masuk spesifikasi yaitu dengan penambahan starch 4 ppb dengan hasil gel strength 8 lb/100². Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Rheometer* dari sistem lumpur KCL Polymer PHPA 7%. Jika harga pengujian *Gel Strength* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan bahan *additive* yaitu *PAC-R*, *PAC-LV*, *XCD*, dan *Bentonite*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *Gel Strength*.

D. Pengukuran *Power of Hydrogen (pH)***Tabel 7** Hasil Pengukuran *pH Lumpur*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	pH
	0 ppb	10

KCL Polymer PHPA 7%	2 ppb	9
	4 ppb	9
	6 ppb	8

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian pH lumpur, terdapat 2 yang tidak masuk ke dalam spesifikasi, yaitu system dengan tanpa penambahan starch dan dengan penambahan starch 6 ppb. Hasil ini didapatkan dari analisa pH lumpur menggunakan alat *pH Paper*. Jika harga pengujian pH yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan bahan *additive* yaitu *Soda Ash* dan *KOH*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *pH (Power Of Hydrogen)*.

E. Pengukuran *Filtrate* dan *Mud Cake*

Tabel 8 Hasil Pengukuran *Filtrate* dan *Mud Cake*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Filtrate</i>	<i>Mud Cake</i>
KCL Polymer PHPA 7%	0	6	0,5
	2	5,4	0,5
	4	4,8	0,5
	6	4,2	0,5

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *filtrate* terdapat 1 yang tidak memenuhi spesifikasi yaitu *system* lumpur dengan tanpa penambahan starch. Untuk data hasil pengujian *mud cake*, semua jenis *system* lumpur memenuhi spesifikasi. Jika harga pengujian *Filtrate* dan *Mud Cake* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan bahan *additive* yaitu *PAC-LV*, *PAC-R*, *Soltex*, *Bentonite*, dan *XCD*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *Filtrate* dan *Mud Cake*.

F. Perhitungan *Pottasium (K⁺)*

Tabel 9 Hasil Perhitungan Harga *Pottasium K⁺*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Pottasium K⁺</i> (mg/l)
KCL Polymer PHPA 7%	0 ppb	33,843
	2 ppb	33,843
	4 ppb	33,843
	6 ppb	33,843

Berdasarkan hasil data yang didapat dari pengujian *K⁺* atau *Pottasium*, semua jenis formulasi yang diuji masuk ke dalam spesifikasi yang ditentukan, yaitu >33.000. Jika harga pengujian *Pottasium K⁺* yang didapat kurang atau bahkan melebihi dari *range* spesifikasi yang ditentukan maka perlu ditambahkan ataupun pengurangan bahan *additive* yaitu *KCL* dan *KOH*. Mengingat fungsi bahan *additive* tersebut dapat memperbaiki harga *Pottasium K⁺*.

E. Perhitungan *Chloride*

Tabel 10 Hasil Perhitungan *Chloride*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	<i>Chloride</i> (mg/l)
KCL Polymer PHPA 7%	0 ppb	37.000
	2 ppb	41.000
	4 ppb	45.000
	6 ppb	49.000

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *Chloride (Cl)*, semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu ≥ 35.000 mg/l.

F. Perhitungan *Calcium (Ca²⁺)*

Tabel 11 Hasil Perhitungan *Calcium (Ca²⁺)*

Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Starch Terhadap Filtrat Pada Lumpur Kcl Polymer Phpa 7% Sumur "N" PT. Sumber Data Persada

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	Calcium (Ca²⁺) (mg/l)
	0 ppb	44
KCL Polymer	2 ppb	56
PHPA 7%	4 ppb	64
	6 ppb	100

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *Calcium* (Ca²⁺), semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu <200 mg/l.

G. Pengukuran *Sand*

Tabel 12 Hasil Pengukuran *Sand*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	Sand (%)
	0 ppb	0,9
KCL Polymer	2 ppb	1
PHPA 7%	4 ppb	1,1
	6 ppb	1,25

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *Sand*, semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu <2%. Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Sand Content Kit* dari sistem lumpur KCL *Polymer PHPA 7%*.

H. Pengukuran *Solid*

Tabel 13 Hasil Pengukuran *Solid*

<i>Properties</i>	Konsentrasi Starch (ppb)	Solid (%)
	0 ppb	1,8
KCL Polymer	2 ppb	2
PHPA 7%	4 ppb	2,2
	6 ppb	2,6

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian *Solid*, semua jenis formulasi yang diuji masuk dalam spesifikasi yang ditentukan yaitu <5%. Hasil ini didapatkan dari analisa berat lumpur dengan menggunakan alat *Retort Kit* dari sistem lumpur KCL *Polymer PHPA 7%*.

Tabel 14 Hasil Pengukuran Lumpur KCL *Polymer PHPA 7%* tanpa Penambahan *Starch*

<i>Mud Properties</i>		<i>Initial 1</i>	
<i>Mud Weight</i>	ppg	9.0 - 10.0	9,6
<i>FV</i>	sec/qt	45 - 55	46
600			56
300			39
200			32
100			22
6			5
3			4
<i>PV</i>	cps	16 - 20	17
<i>YP</i>	lb/100 ft ²	13 - 24	22
10 sec	lb/100 ft ²	3 - 5	4
10 min	lb/100 ft ²	6 - 8	12

<i>API Filtrate</i>	ml/30 min	< 6	6
<i>API Cake</i>	mm	< 1	0,5
<i>pH</i>		9.0 - 9.5	10,0
<i>Chloride</i>	mg/l	≥ 35000	37.000
<i>Ca⁺⁺</i>	mg/l	< 200	44
<i>Sand</i>	%	< 2	0,9
<i>Solids</i>	%	< 5	1,8
<i>K⁺</i>	mg/l	>33000	33.843

Tabel 15 Hasil Pengukuran Lumpur KCL *Polymer PHPA 7%* dengan Penambahan *Starch 2* ppb

<i>Mud Properties</i>		<i>Initial 2</i>	
<i>Mud Weight</i>	ppg	9.0 - 10.0	9,6
<i>FV</i>	sec/qt	45 - 55	48
600			58
300			41
200			33
100			22
6			5
3			3
<i>PV</i>	cps	16 - 20	17
<i>YP</i>	lb/100 ft ²	13 - 24	24
<i>10 sec</i>	lb/100 ft ²	3 - 5	4
<i>10 min</i>	lb/100 ft ²	6 - 8	12
<i>API Filtrate</i>	ml/30 min	< 6	5,4
<i>API Cake</i>	mm	< 1	0,5
<i>pH</i>		9.0 - 9.5	9,0
<i>Chloride</i>	mg/l	≥ 35000	41.000
<i>Ca⁺⁺</i>	mg/l	< 200	56
<i>Sand</i>	%	< 2	1
<i>Solids</i>	%	< 5	2
<i>K⁺</i>	mg/l	>33000	33.843

Tabel 16 Hasil Pengukuran Lumpur KCL *Polymer PHPA 7%* dengan Penambahan *Starch 4* ppb

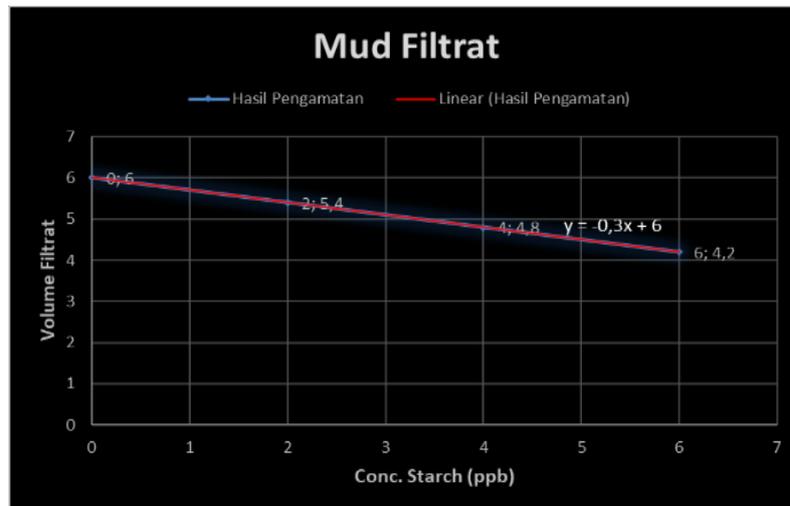
<i>Mud Properties</i>		<i>Initial 3</i>	
<i>Mud Weight</i>	ppg	9.0 - 10.0	9,7
<i>FV</i>	sec/qt	45 - 55	51
600			62
300			42
200			34
100			22
6			5
3			3

<i>PV</i>	cps	16 - 20	20
<i>YP</i>	lb/100 ft ²	13 - 24	22
<i>10 sec</i>	lb/100 ft ²	3 - 5	4
<i>10 min</i>	lb/100 ft ²	6 - 8	8
<i>API Filtrate</i>	ml/30 min	< 6	4,8
<i>API Cake</i>	mm	< 1	0,5
<i>pH</i>		9.0 - 9.5	9,0
<i>Chloride</i>	mg/l	≥ 35000	45.000
<i>Ca⁺⁺</i>	mg/l	< 200	64
<i>Sand</i>	%	< 2	1,1
<i>Solids</i>	%	< 5	2,2
<i>K⁺</i>	mg/l	>33000	33.843

Tabel 17 Hasil Pengukuran Lumpur KCL *Polymer PHPA 7%* dengan Penambahan *Starch 6 ppb*

<i>Mud Properties</i>		<i>Initial 4</i>	
<i>Mud Weight</i>	ppg	9.0 - 10.0	9,7
<i>FV</i>	sec/qt	45 - 55	56
600			64
300			44
200			35
100			23
6			4
3			3
<i>PV</i>	cps	16 - 20	20
<i>YP</i>	lb/100 ft ²	13 - 24	24
<i>10 sec</i>	lb/100 ft ²	3 - 5	3
<i>10 min</i>	lb/100 ft ²	6 - 8	14
<i>API Filtrate</i>	ml/30 min	< 6	4,2
<i>API Cake</i>	mm	< 1	0,5
<i>pH</i>		9.0 - 9.5	8
<i>Chloride</i>	mg/l	≥ 35000	49.000
<i>Ca⁺⁺</i>	mg/l	< 200	100
<i>Sand</i>	%	< 2	1,25
<i>Solids</i>	%	< 5	2,6
<i>K⁺</i>	mg/l	>33000	33.843

Berdasarkan keempat percobaan tersebut, dimana dengan penambahan konsentrasi *starch* sebanyak 4 ppb didapatkan nilai *mud properties* yang masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditentukan. Adapun plot terjadinya penurunan filtrat dengan ditambahkan *additive starch* berturut-turut dengan konsentrasi 0 ppb, 2 ppb, 4 ppb, dan 6 ppb sebagai berikut:



Gambar 5 massa starch

Berdasarkan Gambar 5, semakin banyak penambahan konsentrasi/massa starch yang digunakan semakin rendah nilai volume filtratnya. Penurunan volume filtrasi disebabkan oleh pati pada starch yang menyerap air dalam lumpur pemboran. Semakin tinggi kandungan pati pada starch maka semakin tinggi pula daya serap cairan, sehingga volume filtrat semakin kecil.

Berdasarkan spesifikasi (Spesifikasi API 13 A, 2015) untuk volume filtrat standar maksimal 15 ml. dan terlihat bahwa starch yang ditambahkan ke dalam lumpur pemboran mendapatkan hasil volume filtrat di bawah 15 ml sehingga dikategorikan memenuhi standar API (Abshar, 2022; Mughny, 2022).

I. Perhitungan Pemakaian Bahan Additive

A. Data Sumur

Dari data drilling program terdapat data sebagai berikut :

Tabel 18 Data Sumur "N"

Description	Program
Hole Depth	1.250 ft
Hole Diameter	12,25 inch
Surface Pit Volume	300 bbls
Hole Volume	182 bbls
Ecess for Enlargmenet 100%	182 bbls
Solid Content & Dilution Volume	200 bbls
Total Volume	864 ls

B. Data Bahan Additive

Dari data formulasi lumpur (tabel 5.3) maka diketahui konsentrasi (ppb) dari masing-masing bahan additive, nilai dari unit size dan price dari masing-masing additive ditentukan oleh perusahaan. Setelah mendapat nilai-nilai tersebut, peneliti dapat menentukan estimasi quantity bahan additive yang akan digunakan. Berdasarkan data yang telah didapat, maka aktual penggunaan bahan additive pada Sumur "N" trayek 12 ¼ yaitu :

Tabel 19 Aktual Penggunaan Bahan Additive

No	Products	Concentration (ppb)	Maintain (ppb)	Unit size	Quantity (sack/drum/can)
1	SODA ASH	0,15	0	50 lbs/sack	3
2	KOH	0,3	0	55 lbs/sack	5
3	BENTONITE	4	0	100 lbs/sack	35
4	PAC - LV	4	0	55 lbs/sack	63
5	PAC - R	0,35	0	55 lbs/sack	6

6	XCD	0,4	0	55 lbs/sack	6
7	KCL	25,6	0	110 lbs/sack	201
8	PHPA Powder	0,5	0	55 lbs/sack	8
9	BARITE	46,69	0	100 lbs/sack	404
10	Starch	4,0	0	100 lbs/sack	35

Pembahasan

Penelitian ini menggunakan data dari Sumur "N" Trayek 12-¼" di Formasi Telisa, yang terletak di kedalaman 900-1100 ft di District Meranti, Blok TB, Provinsi Kepulauan Riau. Sumur ini melewati beberapa trayek, termasuk 12-¼", 8-½", dan 7". Formasi yang dilalui adalah Formasi Minas dan Formasi Petani. Berdasarkan data *Well Prognosis*, Formasi Telisa memiliki banyak batuan shale. Shale, yang merupakan hasil endapan lingkungan laut, terdiri dari lumpur, *silt*, dan *clay*. Pada kedalaman yang lebih besar, endapan ini menjadi serpih (*shale*) karena tekanan *overburden* dan suhu tinggi. Cekungan Sumatera Tengah, tempat sumur ini berada, terletak di antara Cekungan Sumatera Utara dan Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan ini merupakan bagian dari seri cekungan busur belakang di Paparan Sunda yang stabil, terletak di timur laut zona penunjaman di barat daya. Formasi geologi di area ini terdiri dari delapan unit litostratigrafi, mulai dari yang paling muda hingga yang paling tua: Formasi Minas, Petani, Telisa, Sihapas, Transisi, Menggala, dan Pematang.

1. Formasi Minas terdiri dari endapan kerikil, pasir, dan lempung.
2. Formasi Petani terdiri dari serpih abu-abu kehijauan dengan sisipan batu pasir dan batu lanau, berumur dari Miosen tengah hingga *Plio-Plistosen*.
3. Formasi Telisa terdiri dari serpih dengan sedikit batupasir dan batu lempung, terbentuk saat transgresi maksimum.
4. Formasi Sihapas merupakan reservoir utama di Selat Malaka, terdiri dari batu pasir yang diselingi oleh lapisan tipis batu bara.
5. Formasi Transisi merupakan peralihan antara Formasi Menggala dengan Formasi Sihapas.
6. Formasi Menggala terdiri dari batuan sedimen kontinen atau alluvial berupa batu pasir konglomerat.
7. Formasi Pematang terdiri dari pasir halus hingga kasar, konglomerat, dan batu lanau.

Pada trayek 12-¼" dengan ukuran casing 9-5/8" dan kedalaman 900-1100 ft, batuan shale mendominasi. Potensial masalah yang mungkin terjadi meliputi efek *swabbing*, *tight hole*, *over-pull*, *sloughing shale*, dan *stuck*. Pencegahan dilakukan dengan menjaga agar pipa tetap bergerak dan memeriksa sifat lumpur untuk rheology yang baik. Beberapa bahan kimia seperti shale control additive juga disiapkan.

Program drilling fluid menunjukkan karakteristik lumpur yang diinginkan, meliputi berat lumpur, viskositas, *fluid loss*, *plastic viscosity*, *yield point*, gel *strength*, pH, dan kandungan padatan. Pengujian densitas lumpur menunjukkan bahwa semua jenis formulasi masuk dalam spesifikasi yang ditentukan, yaitu 9,6-9,7 lb/gal. Pengujian *plastic viscosity* dan *yield point* juga menunjukkan hasil yang sesuai spesifikasi. Pengujian gel strength menunjukkan bahwa dengan penambahan starch 4 ppb, nilai gel strength masuk dalam spesifikasi. Pengujian pH menunjukkan bahwa nilai pH untuk beberapa formulasi tidak sesuai spesifikasi, memerlukan penyesuaian bahan additive. Pengujian filtrate menunjukkan bahwa penambahan *starch* menurunkan volume filtrate, dengan nilai yang memenuhi standar API. Pengujian potassium, *chloride*, calcium, sand, dan solid juga menunjukkan hasil yang sesuai spesifikasi.

Berdasarkan analisis, penambahan starch 4 ppb memberikan hasil mud properties yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Penurunan volume filtrate disebabkan oleh pati pada starch yang menyerap air dalam lumpur pemoran, sesuai dengan standar API untuk volume filtrate maksimal 15 ml.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, komposisi yang digunakan pada Lumpur KCL Polymer PHPA 7% meliputi Fresh Water, Bentonite, KOH, Soda Ash, Starch, PAC-LV, PAC-R, XCD, KCL, PHPA Powder, dan Barite. Setelah pengujian, didapatkan sifat lumpur KCL Polymer PHPA 7% dengan rincian Mud Weight: 9,7 ppg, FV: 46 sec/qt, PV: 20 cps, YP: 22 lb/100 ft², Gel Strength 10 detik: 4 lb/ft², Gel Strength 10 menit: 8 lb/ft², Mud Filtrate: 4,8 ml/30 min, Mud Cake: 0,5 mm, pH: 9, Chloride: 45.000 ppm, Ca⁺⁺: 64 ppm, Sand: 1,1%, Solids: 2,2%, dan K⁺: 33.843 mg/l. Zat aditif starch berfungsi sebagai pengontrol kehilangan cairan atau filtration loss dan viscosifier. Setelah dilakukan pengujian dengan penambahan starch dalam konsentrasi 0 ppb, 2 ppb, 4 ppb, dan 6 ppb, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi starch, semakin rendah volume filtratnya. Penurunan volume filtrasi disebabkan oleh starch yang menyerap air dalam lumpur pemoran. Berdasarkan spesifikasi

API 13 A (2015), volume filtrat standar maksimal adalah 15 ml. Hasil pengujian menunjukkan tanpa penambahan starch nilai filtrat 6 ml, dengan penambahan 2 ppb nilai 5,4 ml, 4 ppb nilai 4,8 ml, dan 6 ppb nilai 4,2 ml. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan starch sebanyak 4 ppb menghasilkan mud properties yang masuk ke dalam spesifikasi.

REFERENSI

- Abshar, M. Hanif. (2022). *Pengaruh Penambahan Aditif Tepung Sagu Rumbia (Metroxylon Sp) Terhadap Filtration Loss Dan Rheology Pada Sistem Low Solid Mud*.
- Ali, I., & Ahmad, M. (2022). Investigation Of Rheological And Filtration Behavior Of Tapioca Starch In Nondamaging Water-Based Muds. *Aip Conference Proceedings*, 2610(1).
- Dhaifullah, D. (2022). *Analisis Perbandingan Metode Inversi Seismik Dalam Mengetahui Persebaran Reservoir Di Lapangan "X."*
- Haryadi, A. P. (2019). Analisis Penggunaan Aerated Drilling Fluid Saat Proses Pengangkatan Cutting Sumur Geothermal Hululais. *Jurnal Pertambangan*, 3(3), 7–13.
- Khalid, I., Sufiandi, D., & Tritasani, A. (2019). Analysis Of Corn Starch Additives Against Filtration Loss And Drilling Mud Rheology. *International Conference Of Celscitech 2019-Science And Technology Track (Iccelst-St 2019)*, 54–58.
- Kusworo, Z. A., Silviana, S., & Putranto, T. T. (2023). Penggunaan Tepung Tapioka Sebagai Pengganti Bentonit Pada Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Air. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 1(2), 45–51.
- Mansah, J., Khalid, I., Novrianti, N., Purnamawati, N., Melysa, R., Husbani, A., & Fitrianti, F. (2024). Analisis Carboxy Methyl Cellulose (Cmc) Additive Cmc Biji Asam Jawa Terhadap Filtration Loss Dan Rheology Lumpur Pemboran. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 3(04), 103–111.
- Mughny, P. Afreza. (2022). *Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Tepung Pati Kentang (Solanum Tuberosum L) dan Caustic Soda (Naoh) Serta Pengaruh Kenaikan PH Terhadap Filtration Loss dan Rheology Lumpur Pemboran*.
- Prasetyaningrum, H. (2023). Integrasi Metode Seismik Inversi dan Spektral Dekomposisi Untuk Memetakan Penyebaran Reservoir dan Kandungan Fluida. *Jurnal Geosains Terapan*, 6(1).
- PRATIWI, I. W. (2017). *Aplikasi Atribut Seismik dan Inversi Acoustic Impedance (AI) untuk Prediksi Penyebaran Reservoir Batupasir pada Lapangan "Kanaka" Formasi Bekasap Cekungan Sumatra Tengah*.
- Rahmanto, R. (2020). *Analisis Geokimia Mineral Logam Desa Muara Lembu Kecamatan Singingi Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau*.
- Ramdhani, E. (2017). *Perhitungan Cadangan Hidrokarbon Formasi Talang Akar Menggunakan Analisis Petrofisika dan Seismik Inversi AI dengan Pendekatan Map Algebra pada Lapangan Bisma, Cekungan Sumatera Selatan*.
- Talukdar, P., Kalita, S., Pandey, A., Dutta, U., & Singh, R. (2018). Effectiveness of different starches as drilling fluid additives in non damaging drilling fluid. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(16), 12469–12474.
- Wastu, A. R. R., Husla, R., Yasmaniar, G., Yulia, P. S., Dio, M. V., & Subardja, T. (2023). Analisis Densitas Lumpur Starch Dan Drispac Terhadap Proses Pengangkatan Cutting Dengan Menggunakan Metode Cutting Transport Ratio. *Petro: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 12(2), 70–79.
- Yulia, P. S. (2018). Pengaruh salinitas dan konsentrasi surfaktan Aos dan Tween 20 terhadap recovery factor pada proses imbibisi dan core-flooding. *THESIS-2017*.