

Analisis Penentuan Nilai *Cation Exchange Capacity* (CEC) Berdasarkan Hasil *Methylene Blue Test* (MBT) di Trayek 12¼

Nijusiho Manik¹⁾, Esterina Natalia Paindan²⁾, Gusti Arya Pratama³⁾, Ain Sahara⁴⁾, Fitri Oktafiani⁵⁾

¹⁻⁵⁾Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Balikpapan
oktafianifitri@gmail.com

Abstrak

Lumpur merupakan salah satu faktor sangat penting dalam menunjang suksesnya operasi pemboran pada sumur minyak. Perencanaan penggunaan lumpur pemboran bertujuan memperoleh hasil yang lebih maksimal dalam pengangkatan cutting dan perawatan sumur pemboran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kereaktifan *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* dan mengetahui komposisi lumpur yang sesuai dengan trayek 12¼. Metode pengujian ini dilakukan dilaboratorium STT Migas dengan beberapa pengujian yaitu *yield point* (YP), *plastic viscosity* (PV), *gel strength Methylene Blue Test* (MBT), dan *Cation Exchange Capacity* (CEC). Hasil pengujian PV pada original mud didapatkan sebesar 17 cps, dan saat dilakukan pengujian dengan *contamination clay* didapatkan hasil sebesar 20 cps. Pada YP diperoleh hasil *original mud* yaitu sebesar 32 lbs/100ft dan dari pengujian yang menggunakan *contamination* diperoleh hasil sebesar 35 lbs/100ft². Dari penggunaan *gel strength* selama 10 detik diperoleh hasil *original mud* sebesar 9 lbs/100ft², dan saat dilakukan pengujian dengan *contamination clay* diperoleh hasil yang sama yaitu 9 lbs/100ft². Untuk penggunaan *gel strength* selama 10 menit dari hasil *original mud* diperoleh 13 lbs/100ft², dan setelah pengujian dengan *contamination clay* didapatkan 14 lbs/100ft². Pada hasil *rheology* sampel *cutting* yang diuji menunjukkan bahwa *Xanthun Gum* mempengaruhi kekentalan sistem lumpur *KCL-Polimer*. Dari hasil MBT 3 meq dan CEC 15 meq/100gr dapat dipastikan tidak terjadi *swelling* karena sampel *cutting* tersebut tergolong tidak reaktif.

Kata Kunci: lumpur pemboran MBT, CEC, *swelling clay*, *rheology*.

Abstract

Mud is a very important factor in supporting the success of oil well drilling operations. Planning for the use of drilling mud is used to ensure maximum results in removing drill cuttings and maintaining drilled wells. This research aims to determine the reactivity of cuttings by identifying the clay content and knowing the mud composition according to route 12¼. This test method was carried out in the STT Migas laboratory with several tests, namely yield point (YP), plastic viscosity (PV), Methylene Blue Test (MBT) gel strength, and Cation Exchange capacity (CEC). The PV test result on the original mud was 17 cps, and when testing with contaminated clay the result was 20 cps. At YP, the original mud yield was 32 lbs/100ft and from testing using contamination, the yield was 35 lbs/100ft². From using gel strength for 10 seconds, the original mud yield was 9 lbs/100ft², and in testing with contaminated clay, the same result was obtained, namely 9 lbs/100ft². When using gel strength for 10 minutes, the original mud yield was 13 lbs/100ft², and after testing with contaminated clay it was 14 lbs/100ft². The rheological results of the cutting samples tested showed that Xanthun Gum influenced the viscosity of the KCL-Polymer mud system. From the results of MBT 3 meq and CEC 15 meq/100gr, there is certainly no swelling because the cutting sample is non-reactive.

Keywords: MBT drilling mud, CEC, *swelling clay*, *rheology*.

Pendahuluan

Lumpur pemboran merupakan suatu zat yang membantu dalam proses pemboran dengan mendinginkan, melumasi dan membersihkan mata bor, pengurangan gesekan, dan pengangkutan *cutting* dari mata bor ke permukaan (Naibaho & Yulianty, 2022). Lumpur pengeboran membantu menahan potongan batuan, mengontrol tekanan sumur, menstabilkan batuan yang terbuka, dan memberikan daya apung. Ini juga mendinginkan dan melumasi lubang sumur, memungkinkan potongan batuan bergerak dengan lancar ke permukaan (Agwu, et al., 2021). Ada tiga jenis cairan pengeboran yaitu berbahan dasar minyak (Kesarwani, Saxena, & Sharma, 2020), berbahan dasar sintesis (Xionghu et al, 2022), dan berbahan dasar air (Ali et al, 2022). Pada penggunaan lumpur pemboran untuk setiap kondisi sumur berbeda-beda, sehingga perlukan pengamatan terhadap jenis-jenis lumpur pemboran yang digunakan agar sesuai dengan kondisi formasi. Adapun aspek dari kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan, serta biaya pemboran semua tergantung dari jenis lumpur yang digunakan pada formasi yang akan di lakukan pemboraan.

Oleh karena itu, perencanaan lumpur pemboran merupakan bagian yang sangat penting. Perencanaan lumpur pemboran dimaksud untuk menentukan komposisi serta pemilihan *additive* yang tepat untuk digunakan pada operasi pemboran untuk formasi tertentu (Adeyemi et al., 2020). Selain itu dengan penggunaan jenis lumpur yang sesuai dengan kondisi suatu formasi yang akan ditembus diharapkan dapat menekan penggunaan kapasitas lumpur yang berlebihan. Dalam mengontrol sifat fisik lumpur tidak menutup kemungkinan akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan sehingga pada akhirnya akan menyebabkan kerugian yang lumayan besar (Vipulanandan & Mohammed, 2020). Banyak masalah yang akan terjadi apabila perencanaan lumpur pemboran tidak sesuai diantaranya yaitu hilangnya lumpur pemboran (Meirexa et al, 2021), rangkaian bor terjepit (Prabowo & Aboekasan, 2015), semburan liar (Al-Arfaj et al, 2015), dan *shale problem* (Doley et al, 2024). *Shale problem* yang sering terjadi pada formasi *shale* yaitu pengembangan *clay* akibat bereaksinya *shale* dengan air atau fluida pemboran atau yang biasa disebut dengan *swelling clay*.

Swelling clay merupakan mengembangnya mineral *clay* akibat pengikatan fluida oleh mineral *clay*. Pengikatan fluida tersebut dipengaruhi oleh harga CEC (*Cation Exchange Capacity*) yaitu kemampuan partikel mineral *clay* untuk melakukan pertukaran

kation (*counter balance ion*) (Miftakhova & Kovalenko, 2024). Mengembangnya mineral *clay* dalam lumpur pemboran secara tidak terkendali akan mengalami atau meningkatkan kandungan padatan dalam lumpur dengan densitas rendah. Metode MBT merupakan salah satu metode tercepat dan akurat untuk mendeteksi mineral *clay* dalam *agregat* halus (Hołysz et al, 2024). Metode MBT memiliki konsep uji bahwa permukaan mineral *clay* memiliki muatan negatif sehingga dapat dideteksi dengan fenomena pertukaran antara ion *clay* dan kation *Methylene Blue Test* (Ouaddari, et al., 2024). Melalui pengujian *Methylene Blue Test* ini maka dapat menentukan nilai CEC yang dapat mengidentifikasi kadar *clay* dan mengetahui komposisi lumpur yang sesuai dengan trayek 12¼.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode pengujian yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Migas. Tabel 1 menunjukkan alat dan bahan yang digunakan selama proses pengujian.

Tabel 1. Alat dan bahan untuk pengujian lumpur

Alat	Timbangan digital
	Stopwatch
	Mud mixer
	Gelas ukur 100 ml
	Mud balance
	Fann VG meter
	Tremo cup
	Thermometer
	Jangka sorong
	Kertas lakmus/ <i>pH indicator</i>
	Filter paper
Bahan	LPTP Filter Press
	Aquades (<i>fresh water</i>)
	NaOH
	Bentonite
	PAC-LV
	Starch
	Barite
KCL	
XCD Polymer	

Prosedur Pembuatan Lumpur

Pada tahap ini *fresh water* ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak komposisi yang dibutuhkan kemudian diletakkan pada *mixer*. NaOH ditimbang kemudian dimasukkan kedalam *mixer* dan dijalankan pada kecepatan *low* selama 1 menit. 1 menit sebelum waktu *mixer* berakhir diberikan campuran *Bentonite* yang telah ditimbang secara perlahan dan dijalankan selama 5 menit. Setelah itu PAC-LV yang telah ditimbang

dimasukkan dan dijalankan selama 5 menit. Lalu dalam waktu masing-masing 2 menit diberikan tambahan bahan berikut secara berurutan yaitu *starch*, *Barite*, dan *KCL*. Kemudian diberikan *XCD Polymer* dan diaduk selama 10 menit. Setelah itu cangkir *mixer* dilepaskan dan sampel lumpur dituang pada bejana.

Pengujian Sifat Fisik Lumpur

Tahap pengujian sifat fisik lumpur meliputi pengujian *plastic viscosity* (PV), *yield point* (YP), dan *gel strength*. Pada tahap ini lumpur dipanaskan menggunakan *thermo cup* hingga suhu mencapai $120^{\circ}F$. Nilai PV dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\mu p = C600 - C300 \quad (1)$$

untuk YP dihitung menggunakan rumus:

$$\gamma p = C300 - \mu p \quad (2)$$

kemudian nilai *gel strength* dapat dilihat dari pembacaan skala motor.

Pengujian Density

Pengujian dilakukan menggunakan *mud balance*. Keseimbangan lumpur bersifat horizontal ketika gelembung level berfluktuasi dengan jarak yang sama pada kedua sisi garis tengah. Nilai dari sisi pemberat terdekat dengan cangkir keseimbangan kemudian dicatat sebagai hasil.

Pengujian Filtration Loss, Mud Cake, dan pH Filtrate

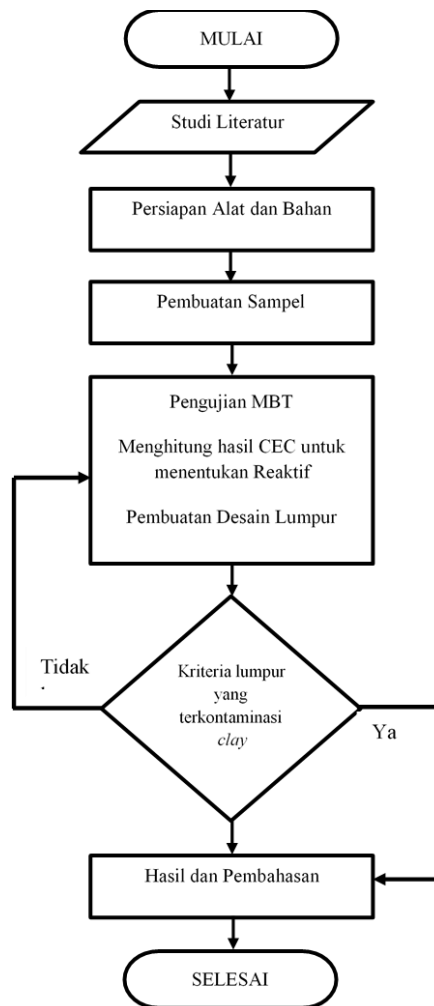
Pengujian dilakukan dengan menggunakan *filter cell*. Setelah tahap persiapan, volume *filtrate* dicatat sebagai fungsi waktu dan hasil volume *filtrate* yang berada pada gelas ukur dicatat sebagai nilai *filtration loss*. Kemudian lumpur dipindahkan pada wadah lain dan kertas saring diangkat lalu diukur ketebalan lumpur yang melengket pada kertas saring menggunakan jangka sorong dan hasilnya dicatat sebagai nilai *mud cake*. Nilai *pH filtrate* diperoleh mencocokkan hasil dari kertas lakmus yang telah dicelupkan pada hasil *filtrate* sesuai dengan indikator *pH*.

Prosedur Pengujian MBT dan Hasil CEC

Sampel *cutting* sebanyak 2 ml dimasukkan pada tabung *erlenmeyer* 250 ml. Kemudian ditambahkan *hydrogen peroksida* 3% 15 ml, asam sulfat 0.5 ml, dan 10 ml *aquadest* dan dipanaskan, lalu ditambahkan 22.5 ml *aquadest* dan digoyangkan. Setelah itu MBT dititrasi secara perlahan per 0.5 ml dan diputar selama 30 detik pada setiap penambahannya. *Stiring rod* dicelupkan pada *erlenmeyer*, diangkat, dan cairan pada

stiring rod diteteskan pada *filter paper* (titik awal tercapai pada saat warna biru terbentuk seperti cincin). Hasil titrasi *methylene blue* kemudian dicatat sebagai nilai MBT, dan kadar *clay* turut dihitung.

Prosedur pengujian dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah dilakukan studi literatur, alat dan bahan dipersiapkan dan dilanjutkan dengan pembuatan sampel yang dilanjutkan dengan tahap pengujian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian pengujian kriteria lumpur

Hasil dan Pembahasan

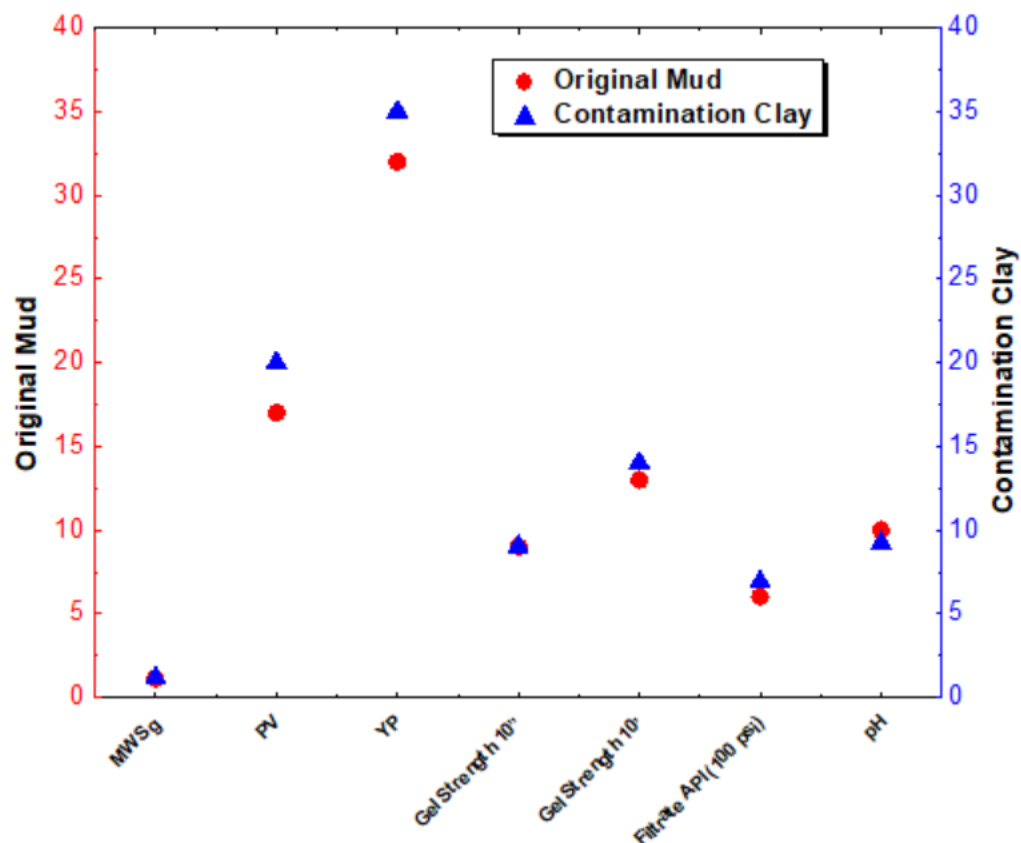
Hasil Desain dan Pengujian Lumpur

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran lumpur antara *original mud* dan *contamination*.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Lumpur

Mud Properties	Water Based Mud		
		Original Mud	Contamination
<i>Mud Weight</i> (ppg)	1.05-1.10	1.12	1.14
<i>Rheology</i>			
600 RPM		66	75
300 RPM		49	55
200 RPM		41	45
100 RPM		31	32
6 RPM		12	12
3 RPM		10	9
<i>Plastic viscosity</i> (cps)	ALAP	17	20
<i>Yield point</i> (lb/100ft ²)	26-35	32	35
<i>Gel strength</i> 10 sec (lb/100 ft ²)	4-11	9	9
<i>Gel strength</i> 10 min (lb/ 100 ft ²)	5-24	13	14
<i>API Filtrate</i>	<7	6	6.9
pH	9.0 – 10.0	10	9.2
MBT (ppb)	<10.0	3	3

Pada saat *mud circulation* berlangsung pada proses pemboran, lumpur yang bersirkulasi didalam sumur akan mengalami perubahan *rheology* lumpur yang bisa diakibatkan oleh banyak hal. Salah satunya yaitu *rheology* yang terkontaminasi dengan *clay* yang akan dibahas pada penelitian ini. Gambar 3 menunjukkan hasil dari penelitian perubahan *rheology* atau properti lumpur dengan kontaminasi *clay*. Nilai *mud weight*, PV, YP, *gel strength* 10 menit, dan *filtrate* API mengalami kenaikan setelah penggunaan *contamination clay*. Sedangkan nilai pada *contamination clay* tidak mengalami perubahan saat penambahan *gel strength* 10 detik, dan menurun pada hasil pengukuran pH.



Gambar 3. Hasil pengujian perubahan *rheology*

Perubahan pada *mud weight* dari 1.12 Sg menjadi 1.14 Sg setelah *contamination clay*. Beberapa factor yang mempengaruhi kenaikan ini yaitu penyerapan air, kapasitas tukar kation (CTK), kehilangan air ke tanah liat, perubahan sifat aliran, penyumbatan lubang sumur, dan pemilihan bahan tambahan. Untuk nilai PV, pada *original mud* didapatkan hasil 17 *cps* dan mengalami kenaikan setelah penambahan *contamination clay* menjadi 20 *cps*. Kenaikan ini disebabkan beberapa faktor yaitu sifat *clay* yang berbeda, interaksi dengan aditif atau bahan tambahan, perubahan komposisi lumpur, pengaturan formulasi lumpur, dan ketidakpastian pengukuran.

Perubahan pada nilai *gel strength* disebabkan oleh penyerapan air oleh *clay*, pertumbuhan partikel padatan, interaksi dengan aditif, CTK, komposisi mineral tanah liat, dan kontaminasi *clay*. Pada pengujian *filtration loss* terhadap lumpur *original mud* dan lumpur yang diberi kontaminan *clay*, didapatkan hasil untuk *original mud* ditemukan nilai *filtrate* 6 ml/30 min, sedangkan pada *contamination clay* ditemukan nilai *filtrate* yaitu 6.9 ml/ 30 min. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kenaikan kontrol filtrasi saat terkontaminasi *clay* melibatkan perubahan dalam sifat-sifat lumpur dan interaksi dengan

tanah liat, antara lain pembentukan *cake* yang lebih kompak, pertumbuhan partikel padatan halus, interaksi dengan bahan tambahan atau aditif, CTK, dan pengaturan viskositas serta *lubricity*. Pada pengujian pH terhadap desain lumpur *original mud* dan lumpur yang diberikan kontaminan *clay* didapatkan hasil untuk *original mud* bernilai pH 10 dan hasil penambahan *clay* yaitu pH 9.2. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan kontaminan *clay* mengalami kenaikan dan mempengaruhi pH lumpur. Hal ini dipengaruhi oleh reaksi asam-basa dengan mineral tanah liat, pelepasan asam dari tanah liat, CTK, kehadiran mineral yang mengandung asam, proses pelarutan mineral tanah liat, dan pengaruh aditif.

Hasil Pengujian MBT dan CEC

Hasil MBT yang didapatkan berupa data kuantitatif yaitu nilai volume MBT yang diperoleh dari sampel *cutting* yang memiliki kandungan *clay* terbanyak dengan *additive water base mud*. Dari 5 sampel *cutting* yang di uji menggunakan metode MBT didapatkan volume tertinggi yaitu 3 ml di kedalaman 764-766 ft seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Persamaan yang digunakan yaitu:

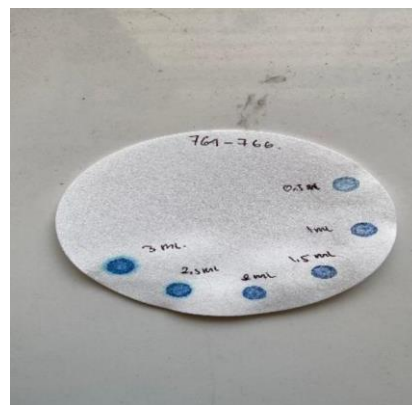
$$\text{Methylene Blue Capacity} = \frac{\text{ml of methylene blue}}{\text{ml of fluid}} \quad (3)$$

. Analisis reaksi lumpur terhadap *cutting* diolah menggunakan metode CEC sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{CEC, meq/ 100 gr clay} &= \text{Volume Methylene Blue} \times 5 \\ &= 3 \times 5 \\ &= 15 \text{ meq/ 100 gr} \end{aligned}$$



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Penambahan larutan MBT 0.5 ml. (b). Hasil Peengujian MBT.

Menurut Suhascaryo et al (2020) telah mengklasifikasikan *clay* untuk kepentingan teknologi fluida pemboran sehingga dapat didesalin sifat fluidal pemboran agar *shale* tetap stabil, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi *Shale* Berdasarkan Uji MBT (Suhascaryo et al, 2021)

Class	Texture	CEC (<i>meq/100 gr</i>)	Water Content	Water (<i>wt %</i>)	Clay Content	Density (<i>g/cm³</i>)
A	<i>Soft</i>	20 – 40	<i>Free and Bound</i>		<i>Montmorillonite illite</i>	1.2 – 1.5
B	<i>Firm</i>	10 - 20	<i>Bound</i>		<i>Illite & Mixed Lalyer. Montmorillonite illite</i>	1.5 – 2.2
C	<i>Hard</i>	3 – 10	<i>Bound</i>		<i>Trace Montmorillonite, High Illite</i>	2.2 – 2.5
D	<i>Brittle</i>	0 – 3	<i>Bound</i>		<i>llite, Kaolin, Chlorite</i>	2.5 – 2.7
E	<i>Firm Hard</i>	10 - 20	<i>Bound</i>		<i>Illite & Mixed Lalyer. Montmorillonite illite</i>	2.3 – 2.7

Hasil dari pengujian didapatkan jumlah *clay* terbanyak didapatkan pada kedalaman 766 – 766 *ft* dengan hasil 15 *meq/100 gr*. Untuk klasifikasi *shale* yang sesuai dengan Tabel 3 termasuk pada *Class B* yaitu *texture firm*, *clay content Illite*, dan *mixed*. Di kedalaman 764 7 66 *ft* ini mengindikasikan batuan tidak reaktif. Terdapat *sweeling clay* namun sangat rendah. Hasil ini juga mengindikasikan pada proses tidak terjadi *swelling*.

Simpulan dan Saran

Hasil dari sampel *cutting* dengan mengidentifikasi kadar *clay* pada kedalaman 764 – 766 *ft* dengan menggunakan *additive KCL Polymer* dengan hasil CEC 15 *meq/100 gr*. Klasifikasi *shale* yang sesuai setelah pengujian yaitu *Class B* dengan *texture firm*, *clay content Illite*, dan *mixed*. Kandungan *clay* yang banyak mengindikasikan batuan *cutting* tidak reaktif karena tingkat *swelling clay* sangat kecil. Dari hasil pengujian *rheology* untuk *original mud* nilai PV, YP, *gel strength* 10 detik, dan *gel strength* 10 menit masing-masing yaitu 17 *cps*, 32 *lbs/100 ft²*, 9 *lbs/100 ft²*, dan 13 *lbs/100 ft²*. Sedangkan untuk *contamination clay* didapatkan hasil untuk nilai PV, YP, *gel strength* 10 detik, dan *gel strength* 10 menit masing-masing yaitu 20 *cps*, 35 *lbs/100 ft²*, 9 *lbs/100 ft²*, dan 14 *lbs/100 ft²*. Pada hasil *rheology* sampel *cutting* yang diuji menunjukkan *Xanthan gum* mempengaruhi kekentalan sistem lumpur *KCL Polymer*.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada staff laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Migas dan pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Adeyemi, G., Fadairo, A., Ogunkunle, T., Oladepo, A., Oredeko, O., Vitoria, O., . . . ICHI, E. (2020). Effect of Polymer Additives on the Rheology and Fluid Loss of Water Based Muds. Nigeria: One Petro: SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition.
- Agwu, O. E., Akpabio, J. U., Ekpenyong, M. E., Inyang, U. G., Asuquo, D. E., Eyoh, I. J., & Adeoye, O. S. (2021). A Critical Review of Drilling Mud Rheological Models. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 203, 108659.
- Al-Arfaj, M. K., Abdulraheem, A., Sultan, A., Amanullah, M., & Hussein, I. (2015). Mitigating Shale Drilling Problems through Comprehensive Understanding of Shale Formations. Doha: The International Petroleum Technology Conference.
- Ali, I., Ahmad, M., & Ganat, T. (2022). Biopolymeric formulations for filtrate control applications in water-based drilling muds: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 210, 110021.
- Doley, A., Mahto, V., Rajak, V. K., Kiran, R., & Upadhyay, R. (2024). Investigation of Filtration and Shale Inhibition Characteristics of Chitosan-N-(2-hydroxyl)-propyl trimethylammonium Chloride as Drilling Fluid Additives. *ACS Omega*, 9(19), 21365-21377.
- Hołysz, L., Rek, P., Huber, M., & Terpiłowski, K. (2024). Evaluation and comparison of various methods used for aggregates investigations. *Adsorption*, 30, 265-277.
- Kesarwani, H., Saxena, A., & Sharma, S. (2020). Novel Jatropha Oil Based Emulsion Drilling Mud Out performs Conventional Drilling Mud : A comparative study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-14.
- Meirexa, A., Hamid, A., & Yasmaniar, G. (2021). Evaluasi Penanggulangan Hilangnya Sirkulasi Lumpur Pada Sumur CLU-14 Lapangan CLU-D/6. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 10(2), 66-70.
- Miftakhova, G. M., & Kovalenko, Y. F. (2024). Study of the effect of electric field on the swelling of clays of productive reservoirs. *AIP Conference Proceedings* (hal. 060010). AIP Publishing.
- Naibaho, & Yulianty, S. (2022). Analisis Swelling Clay Di Formasi Telisa Untuk Perencanaan Lumpur Pemboran Skala Laboratorium. Riau: Universitas Islam Riau.
- Ouaddari, H., Abbou, B., Lebkiri, I., Habsaoui, A., Ouzzine, M., & Allah, R. F. (2024). Removal of Methylene Blue by Adsorption onto Natural and Purified Clays: Kinetic and Thermodynamic Study. *Chemical Physics Impact*, 4, 100405.
- Prabowo, Y. A., & Aboekasan, W. (2015). Evaluasi Pipa Bor Terjepit pada Sumur Kirana Lapangan Bumi 2014-1. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Suhascaryo, K. N., Pasaribu, H., N, N. F., & M, N. I. (2021). Teknologi Tepat Guna VCCO untuk Pembentukan UMKM Dusun Gayam. Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional ke 7 LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Vipulanandan, C., & Mohammed, A. (2020). Effect of drilling mud bentonite contents on the fluid loss and filter cake formation on a field clay soil formation compared to

the API fluid loss method and characterized using Vipulanandan models. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 189, 107029.

Xionghu, Z., Egwu, S. B., Jingen, D., Liuji, M., & Xiangru, J. (2022). Synthesis of Asphalt Nanoparticles and Their Effects on Drilling Fluid Properties and Shale Dispersion . *SPE Drill & Compl*, 37(01), 67-76.