



Analisis Pengaruh Penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Terhadap Kontaminasi Ion Magnesium (Mg^{2+}) Berdasarkan Nilai Rheology Lumpur Pemboran Berbasis Air

Yohanes Ongky Miang^{1*}, Joko Wiyono², Fatma³

¹⁻³Program Studi Teknik Perminyakan Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia

*Korespondensi penulis: ongkymiing10@gmail.com

Abstract. This research was conducted to evaluate the impact of magnesium ion (Mg^{2+}) contamination and to assess the effectiveness of calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) as a treatment agent on the rheological behavior of water-based drilling mud. The experiment utilized 350 mL of water-based mud (WBM), which was contaminated with $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ at concentrations of 2 g, 4 g, and 6 g. Subsequently, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ was added at dosages of 1 g, 2 g, and 3 g. The evaluated parameters included plastic viscosity (PV), yield point (YP), gel strength, filtration loss, mud weight, and pH in accordance with API standards. The findings revealed that magnesium contamination altered the rheological characteristics of the drilling mud, as indicated by a reduction in PV, increases in YP and gel strength, higher filtration loss values, and a decrease in pH. These changes suggest that the presence of Mg^{2+} negatively affects mud stability. Following the addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, the pH increased and returned to alkaline conditions, while the adverse effects of magnesium contamination on mud rheology were partially mitigated. Although several rheological parameters remained higher than those of the base mud, the treatment demonstrated its ability to improve mud performance by stabilizing its chemical condition and reducing the influence of magnesium ions. The results indicate that $\text{Ca}(\text{OH})_2$ can be applied as a treatment material to reduce the adverse effects of magnesium ion contamination in water-based drilling mud. However, an appropriate dosage is still required to achieve optimum drilling fluid performance.

Keywords: Calcium Hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); Magnesium Ion (Mg^{2+}) Contamination; Mud Contamination Treatment; Rheological Properties Of Drilling Mud; Water-Based Drilling Mud (WBM).

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontaminasi ion magnesium (Mg^{2+}) serta efektivitas penambahan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) terhadap sifat *rheology* lumpur pemboran berbasis air. Penelitian dilakukan menggunakan lumpur dasar *water-based mud* (WBM) volume 350 mL yang dikontaminasi $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2 gram, 4 gram, dan 6 gram, kemudian dilakukan penambahan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebanyak 1 gram, 2 gram, dan 3 gram. Parameter yang diuji meliputi *plastic viscosity* (PV), *yield point* (YP), *gel strength*, *filtration loss*, *mud weight*, dan pH berdasarkan standar API. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontaminasi Mg^{2+} menyebabkan perubahan sifat *rheology* lumpur berupa penurunan nilai PV, peningkatan YP dan *gel strength*, peningkatan *filtration loss*, serta penurunan pH yang menunjukkan terganggunya kestabilan lumpur pemboran. Setelah dilakukan penambahan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, nilai pH meningkat kembali ke kondisi basa dan pengaruh kontaminasi Mg^{2+} terhadap sifat *rheology* lumpur dapat dikurangi, meskipun beberapa parameter masih mengalami kenaikan yang cukup tinggi dibanding lumpur standar. Hal ini menunjukkan bahwa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mampu membantu menstabilkan kondisi kimia lumpur dan mengurangi dampak kontaminasi magnesium, namun penggunaan dosis yang tepat tetap diperlukan untuk memperoleh performa lumpur yang lebih optimal. Dengan demikian, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat digunakan sebagai bahan treatment dalam penanganan kontaminasi ion magnesium pada lumpur pemboran berbasis air.

Kata kunci: Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); Kontaminasi Ion Magnesium (Mg^{2+}); Lumpur Pemboran Berbasis Air (Water-Based Mud/WBM); Sifat Rheology Lumpur Pemboran; Treatment Kontaminasi Lumpur.

1. LATAR BELAKANG

Lumpur pemboran berbasis air (*Water-Based Mud/WBM*) merupakan jenis fluida pemboran yang paling banyak digunakan dalam kegiatan pengeboran minyak dan gas karena lebih ekonomis, mudah diolah, serta memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan lumpur berbasis minyak (*Oil-Based Mud/OBM*) (Olawale, O., et al. 2025). Kontaminasi ion magnesium perlu menjadi perhatian khusus dalam pengelolaan lumpur

pemboran berbasis air karena dampaknya dapat mempengaruhi efisiensi dan keselamatan operasi pengeboran secara keseluruhan (Caenn, R., et al. 2011). Keberhasilan fungsi lumpur sangat dipengaruhi oleh sifat reologinya. Parameter seperti *Plastic Viscosity* (PV), *Yield Point* (YP), dan *Gel Strength* berperan penting dalam menilai kemampuan lumpur untuk mengangkut cutting, menjaga partikel tetap tersuspensi saat sirkulasi berhenti, serta memastikan efisiensi hidraulik selama proses pengeboran berlangsung (API, 2009; Alkinani., et al. 2019).

Dalam proses pemboran, lumpur berbasis air kerap terpapar kontaminasi ion anorganik yang berasal dari air formasi, maupun lapisan batuan evaporit. Di antara berbagai kontaminan, ion magnesium (Mg^{2+}) menjadi salah satu yang paling berpengaruh. Kation divalen ini dapat memicu flokulasi partikel bentonit sehingga kestabilan sistem lumpur terganggu. Akibatnya, sifat reologi lumpur berubah dengan meningkatnya nilai *Plastic Viscosity* (PV), *Yield Point* (YP), dan *Gel Strength*, yang pada akhirnya menurunkan kinerja lumpur pemboran (Caenn, R., et al. 2001; Ismail, A. R., et al. 2016).

Keberadaan ion magnesium dalam lumpur pemboran dapat mempengaruhi sifat kimia dan rheology lumpur, terutama pada lumpur berbasis air yang menggunakan bentonite sebagai bahan utama pembentuk viskositas (). Masuknya ion Mg^{2+} ke dalam sistem lumpur dapat menyebabkan terjadinya proses flokulasi, yaitu kondisi ketika partikel-partikel lempung saling tarik-menarik membentuk struktur tidak teratur seperti *house of cards*, sehingga menyebabkan peningkatan viskositas dan kekuatan gel lumpur secara ekstrem (Ismail, A. R., et al. 2016).

Salah satu metode penanganan kimiawi yang umum digunakan untuk mengatasi kontaminasi magnesium adalah penambahan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kalsium hidroksida bekerja dengan meningkatkan alkalinitas sistem sehingga ion Mg^{2+} dapat diendapkan menjadi magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), yang menurunkan konsentrasi ion bebas dalam lumpur dan membantu memulihkan kestabilan rheology (API, 2009). Ion Mg^{2+} dapat menyebabkan terjadinya proses flokulasi pada partikel lempung sehingga dapat mengubah nilai viskositas, yield point, dan gel strength pada lumpur pemboran (Liu, C., et al. 2025).

Beberapa penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa kontaminasi ion divalen memengaruhi karakteristik rheology lumpur pemboran berbasis air, sedangkan penelitian lain lebih berfokus pada penggunaan nanopartikel maupun optimasi sifat rheology untuk meningkatkan performa lumpur. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengevaluasi pengaruh variasi kontaminasi ion magnesium (Mg^{2+}) sekaligus efektivitas penambahan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) terhadap pemulihan sifat rheology lumpur

pemboran berbasis air melalui parameter *Plastic Viscosity* (PV), *Yield Point* (YP), *Gel Strength*, *mud weight*, *filtration loss*, dan pH masih relatif terbatas (Ismail, A. R., et al. 2016; API, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontaminasi ion magnesium (Mg^{2+}) terhadap sifat rheology lumpur pemboran berbasis air serta mengevaluasi efektivitas penambahan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dalam memulihkan karakteristik lumpur pemboran berdasarkan parameter-parameter tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Water-Based Mud (WBM)

Lumpur pemboran yang menggunakan air sebagai fase cair utama, baik air tawar, air laut, maupun air garam. Lumpur ini biasanya ditambahkan bahan seperti bentonite untuk meningkatkan viskositas, barite untuk menambah densitas, serta polimer untuk mengontrol kehilangan filtrasi. WBM banyak digunakan karena biaya operasinya relatif rendah dan lebih ramah lingkungan dibandingkan jenis lumpur lainnya.

Rheology Lumpur Pemboran

Rheology merupakan ilmu yang mempelajari perilaku aliran fluida akibat gaya geser. Pada lumpur pemboran, sifat rheology berperan penting dalam mengangkut cutting ke permukaan, menjaga sirkulasi, dan mempertahankan kestabilan lubang bor. Parameter utama rheology meliputi *Plastic Viscosity* (PV), *Yield Point* (YP), dan *Gel Strength* (GS). PV menunjukkan resistansi internal lumpur, YP menggambarkan kemampuan mengangkut dan menahan cutting, sedangkan GS menunjukkan kekuatan struktur lumpur saat kondisi statis. Sifat *rheology* antara lain :

Plastic Viscosity (PV)

Plastic Viscosity menggambarkan tingkat hambatan aliran fluida pemboran yang timbul akibat interaksi atau gesekan antarpartikel padat yang terkandung dalam lumpur. Semakin besar nilai PV, semakin tinggi pula konsentrasi padatan atau interaksi antarpartikel di dalam sistem lumpur pemboran.

Plastic Viscosity (cp) = R600-R300

Keterangan :

μp : Viskositas plastis, cp(1)

R600 : Hasil dari kecepatan 600 RPM

R300 : Hasil dari kecepatan 300 RPM

Yield Point (YP)

Yield point menggambarkan kemampuan lumpur untuk membawa cutting ke permukaan. Nilai YP dipengaruhi oleh gaya tarik-menarik antar partikel lempung dalam sistem lumpur, sehingga perubahan nilai YP dapat menunjukkan terjadinya kontaminasi atau ketidakstabilan lumpur.

$$Yp = R300 - \mu_p \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Yp = Titik hasil, lb/100 ft²

μ_p = Viskositas plastis, cp

R300 = Hasil dari kecepatan 300 RPM

Gel Strength

Gel strength merupakan kemampuan lumpur untuk membentuk struktur gel ketika lumpur berada dalam kondisi diam. Parameter ini penting untuk menjaga agar cutting tetap tersuspensi dan tidak mengendap saat sirkulasi dihentikan sementara (API, 2009). Gel Strength, biasanya diukur pada saat 10 detik dan 10 menit, dengan satuan lb/100 ft²

$$GS \text{ Gel Strength, lb/100ft}^2 \text{ GS} = \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$$GS = \text{Gel Strength, lb/100 ft}^2 \dots\dots\dots(2)$$

Kontaminasi Ion Magnesium (Mg^{2+})

Kontaminasi ion magnesium (Mg^{2+}) pada lumpur pemboran berbasis air dapat terjadi akibat intrusi air laut, air formasi, maupun lapisan batuan evaporit yang mengandung garam magnesium. Ion Mg^{2+} termasuk kation bivalen yang dapat mengganggu kestabilan sistem lumpur dengan menyebabkan flokulasi partikel bentonit, sehingga meningkatkan viskositas dan kekuatan gel lumpur secara drastis.

Penambahan Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Salah satu metode penanganan kimiawi yang umum digunakan untuk mengatasi kontaminasi magnesium adalah penambahan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kalsium hidroksida bekerja dengan meningkatkan alkalinitas sistem sehingga ion Mg^{2+} dapat diendapkan menjadi magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), yang menurunkan konsentrasi ion bebas dalam lumpur dan membantu memulihkan kestabilan rheology. Penanganan yang tepat diharapkan mampu mengembalikan nilai PV, YP, dan gel strength mendekati kondisi normal.

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontaminasi ion magnesium Mg^{2+} dan efektivitas penambahan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) terhadap sifat *rheology* lumpur pemboran berbasis air.

Bahan dan Komposisi Lumpur

a) Bahan

Fresh Water, Bentonite, NaOH, PAC-LV, Strach, Barite, KCL, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $Ca(OH)_2$.

b) Komposisi Lumpur

Table 1 Komposisi Lumpur Standar

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	313.70	1.00	313.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.60	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
Total	350 ml		

Table 2 Komposisi Penambahan 2 g Ion Magnesium

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	311.70	1.00	311.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2.00	1.56	2.00
Total	350 ml		

Table 3 Komposisi Penambahan 4 g Ion Magnesium

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	309.70	1.00	309.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4.00	1.56	4.00
Total	350 ml		

Table 4 Komposisi Penambahan 6 g Ion Magnesium

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	307.70	1.00	307.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6.00	1.56	6.00
Total	350 ml		

Table 5 Komposisi Penambahan 1 g Kalsium Hidroksida

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	310.70	1.00	310.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2.00	1.56	2.00
Caoh_2	1.00	2.24	1.00

Total	350 ml
-------	--------

Table 6 Komposisi Penambahan 2 g Kalsium Hidroksida

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	307.70	1.00	307.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	4.00	1.56	4.00
$Caoh_2$	2.00	2.24	2.00
Total	350 ml		

Table 7 Komposisi Penambahan 3 g Kalsium Hidroksida

Komposisi	Volume (ml)	SG	Konsentrasi
<i>Fresh Water</i>	304.70	1.00	304.70
<i>Caustic Soda (NaOH)</i>	0.30	2.13	0.30
<i>Bentonite</i>	20.00	2.50	20.00
<i>PAC-LV</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Starch</i>	1.00	1.50	1.00
<i>Barite</i>	12.00	4.20	12.00
<i>KCL</i>	2.00	1.98	2.00
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	6.00	1.56	6.00
$Caoh_2$	3.00	2.24	3.00
Total	350 ml		

Prosedur Penelitian

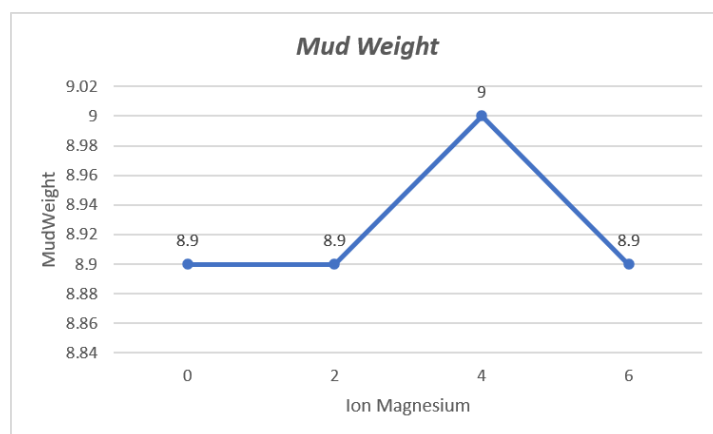
Penelitian ini menggunakan lumpur pemboran berbasis air (water-based mud/WBM) dengan volume 350 mL yang disusun dari fresh water, NaOH, bentonit, PAC-LV, pati (starch), barit, dan KCl polymer. Seluruh bahan dicampurkan menggunakan mixer hingga diperoleh lumpur dasar yang homogen. Selanjutnya, lumpur dikontaminasi menggunakan $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ dengan variasi konsentrasi 2 g, 4 g, dan 6 g untuk mensimulasikan kontaminasi ion magnesium. Setelah itu, masing-masing sampel diberi perlakuan menggunakan $Ca(OH)_2$ dengan variasi dosis 1 g, 2 g, dan 3 g sebagai bahan treatment, kemudian diaduk kembali hingga homogen.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi perubahan sifat rheology dan karakteristik lumpur sebelum dan sesudah perlakuan. Parameter yang diuji meliputi plastic viscosity (PV), yield point (YP), dan gel strength menggunakan rheometer, filtration loss menggunakan API Filter Press pada tekanan 100 psi selama 30 menit, densitas lumpur menggunakan Mud Balance, serta pH menggunakan pH meter digital. Seluruh pengujian mengacu pada standar API RP 13B-1. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan perubahan setiap parameter pada lumpur standar, lumpur terkontaminasi Mg^{2+} , dan lumpur setelah penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk menilai efektivitas penanganan kontaminasi magnesium.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kontaminasi Mg^{2+} terhadap sifat lumpur

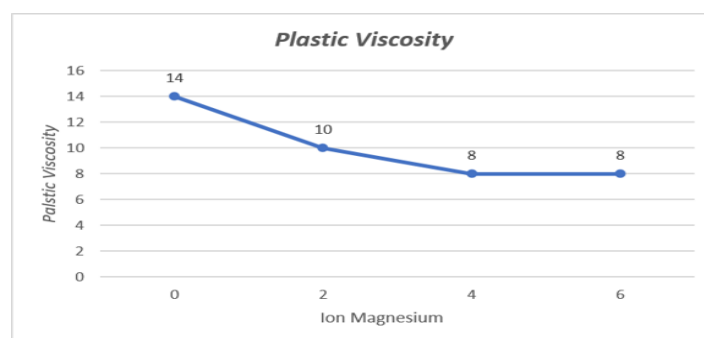
Mud Weight (Kontaminasi)



Gambar 1 Grafik Hasil Uji *Mud Weight*

Nilai *mud weight* relatif stabil pada kisaran 8,9–9,0 ppg meskipun terjadi penambahan ion Mg^{2+} . Hal ini menunjukkan bahwa kontaminasi Mg^{2+} tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas lumpur karena *mud weight* lebih dipengaruhi oleh kandungan material pemberat dibandingkan ion Mg^{2+} yang terlarut.

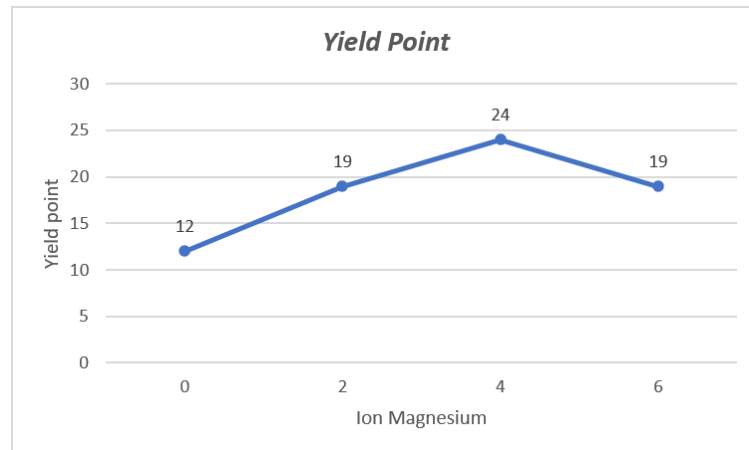
Plastic Viscosity (Kontaminasi)



Gambar 2 Grafik Hasil Uji *Plastic Viscosity*

Berdasarkan grafik, nilai *Plastic Viscosity* (PV) menurun seiring meningkatnya konsentrasi ion Mg^{2+} , dari 14 cP pada lumpur awal menjadi 8 cP pada konsentrasi tertinggi. Penurunan ini menunjukkan bahwa kontaminasi Mg^{2+} mengganggu interaksi antarpartikel bentonit sehingga menurunkan viskositas plastis dan kualitas rheology lumpur pendoran.

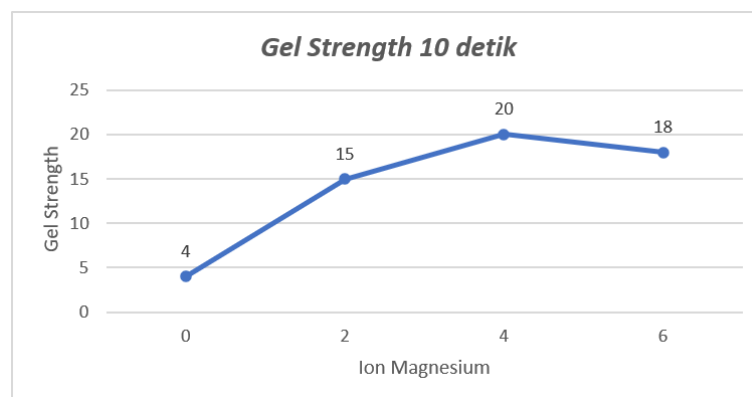
Yield Point (Kontaminasi)



Gambar 3 Grafik Hasil Uji *Yield Point*

Berdasarkan grafik, nilai *Yield Point* (YP) meningkat seiring penambahan ion Mg^{2+} hingga mencapai 24 lb/100 ft², kemudian menurun menjadi 19 lb/100 ft² pada konsentrasi tertinggi. Peningkatan ini menunjukkan terjadinya flokulasi partikel bentonit akibat ion Mg^{2+} , sedangkan penurunan pada konsentrasi yang lebih tinggi mengindikasikan mulai terganggunya struktur lumpur.

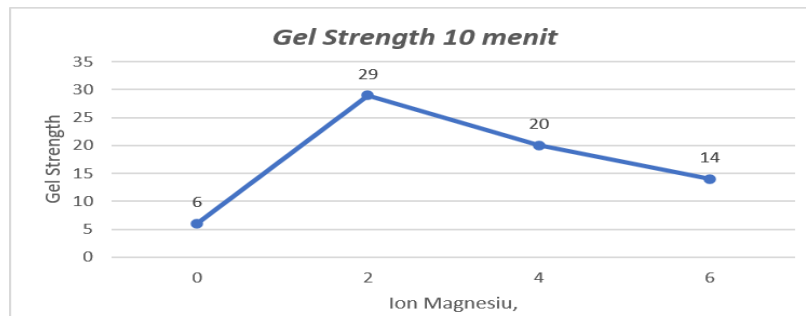
Gel Strength 10 detik (Kontaminasi)



Gambar 4 Grafik Hasil Uji *Gel Strength 10 detik*

Berdasarkan grafik, nilai *Gel Strength 10 detik* meningkat seiring penambahan ion Mg^{2+} hingga mencapai 20 lb/100 ft², kemudian sedikit menurun menjadi 18 lb/100 ft² pada konsentrasi tertinggi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa ion Mg^{2+} menyebabkan flokulasi partikel bentonit sehingga memperkuat struktur gel, sedangkan penurunan pada konsentrasi yang lebih tinggi mengindikasikan mulai berkurangnya kestabilan struktur gel.

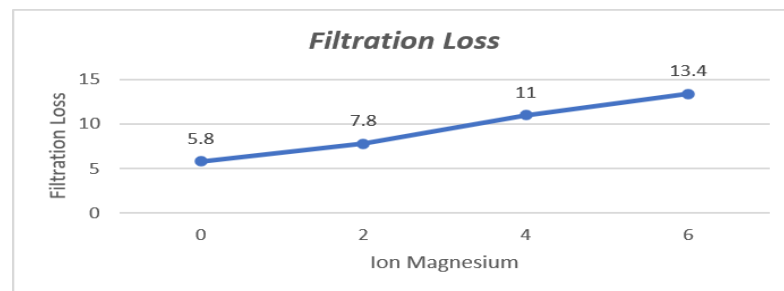
Gel Strength 10 menit (Kontaminasi)



Gambar 5 Grafik Hasil Uji Gel Strength 10 menit

Berdasarkan grafik, nilai *Gel Strength* 10 menit meningkat hingga 29 lb/100 ft², kemudian menurun menjadi 14 lb/100 ft² pada konsentrasi Mg^{2+} tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa flokulasi partikel bentonit memperkuat struktur gel, namun flokulasi berlebih menurunkan kestabilan lumpur.

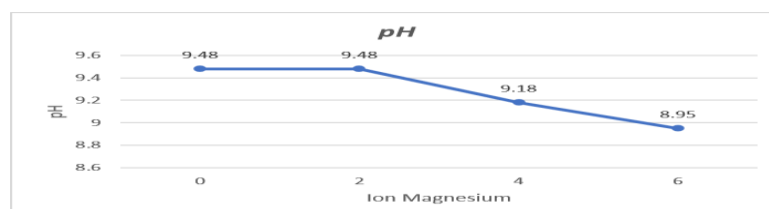
Filtration Loss (Kontaminasi)



Gambar 6 Grafik Hasil Uji *Filtration Loss*

Berdasarkan grafik, nilai *filtration loss* meningkat dari 5,8 mL menjadi 13,4 mL seiring bertambahnya konsentrasi ion Mg^{2+} . Peningkatan ini menunjukkan bahwa kontaminasi Mg^{2+} menurunkan kualitas filtrasi lumpur dengan mengganggu kestabilan partikel bentonit, sehingga *filter cake* menjadi kurang rapat dan kehilangan fluida meningkat.

pH (Kontaminasi)

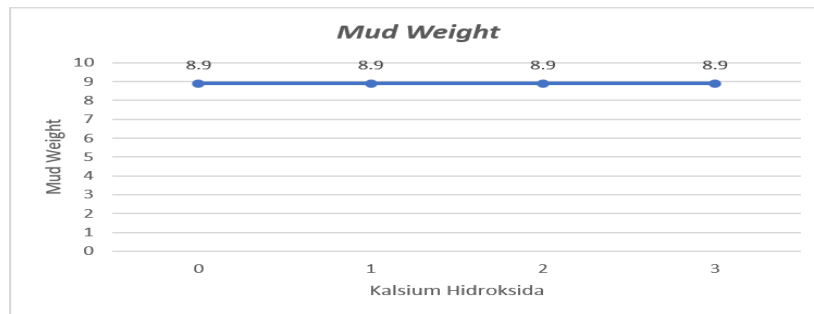


Gambar 7 Grafik Hasil Uji *pH*

Berdasarkan grafik, nilai pH lumpur menurun dari 9,48 menjadi 8,95 seiring bertambahnya konsentrasi ion Mg^{2+} . Penurunan ini menunjukkan bahwa kontaminasi Mg^{2+} mengurangi alkalinitas sistem lumpur sehingga dapat menurunkan kestabilan kimia dan performa lumpur pemboran.

Pengaruh Penambahan Ca(OH)_2 terhadap Lumpur Terkontaminasi

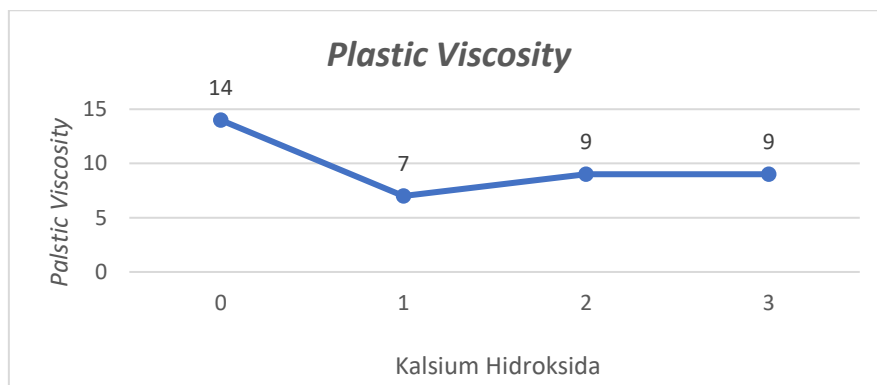
Mud Weight (Penanganan)



Gambar 8 Grafik Hasil Uji Mud Weight

Berdasarkan grafik, nilai *mud weight* tetap sebesar 8,9 ppg pada seluruh variasi penambahan Ca(OH)_2 . Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan Ca(OH)_2 tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas lumpur, tetapi lebih berperan dalam memperbaiki sifat kimia dan rheology lumpur.

Plastic Viscosity (Penanganan)



Gambar 9 Grafik Hasil Uji Plastic Viscosity

Berdasarkan grafik, nilai *Plastic Viscosity* (PV) menurun dari 14 cP menjadi 7 cP setelah penambahan Ca(OH)_2 1 g, kemudian meningkat menjadi 9 cP pada penambahan 2 g dan 3 g. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan Ca(OH)_2 memengaruhi nilai PV lumpur akibat mulai terjadinya pengendapan.

Yield Point (Penanganan)



Gambar 10 Grafik Hasil Uji Yield Point

Berdasarkan grafik, nilai *Yield Point* (YP) meningkat dari 12 lb/100 ft² menjadi 69 lb/100 ft² seiring penambahan Ca(OH)_2 . Peningkatan ini menunjukkan bahwa Ca(OH)_2 memperkuat gaya tarik antarpartikel sehingga meningkatkan kemampuan lumpur mengangkat *cutting*, meskipun penambahan yang berlebihan dapat menyebabkan nilai YP menjadi terlalu tinggi.

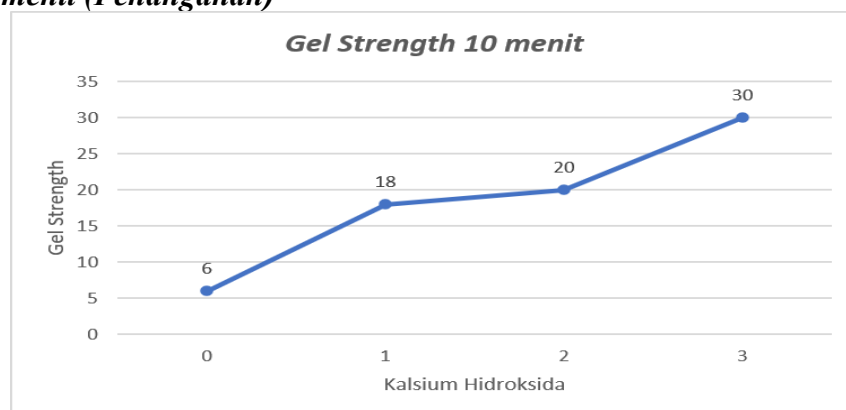
Gel Strength 10 detik (Penanganan)



Gambar 11 Grafik Hasil Uji *Gel Strength* 10 detik

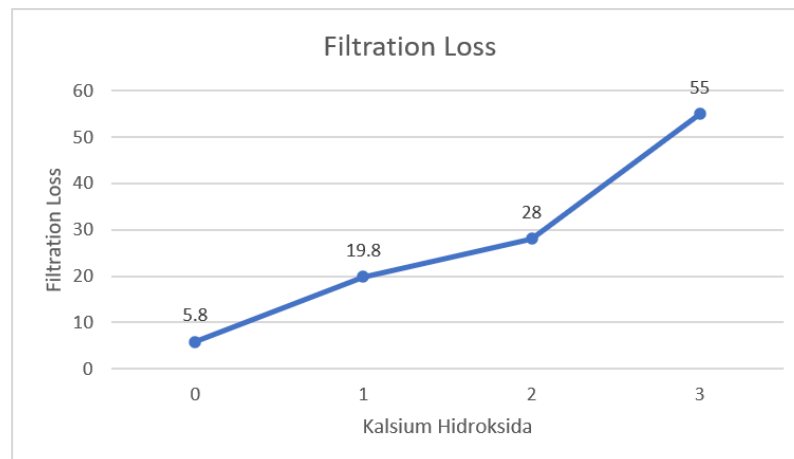
Berdasarkan grafik, nilai *Gel Strength* 10 detik meningkat dari 4 lb/100 ft² menjadi 26 lb/100 ft² seiring penambahan Ca(OH)_2 . Peningkatan ini menunjukkan terbentuknya struktur gel yang lebih kuat sehingga kemampuan lumpur menahan *cutting* pada kondisi statis meningkat, meskipun nilai yang terlalu tinggi dapat menyulitkan pemompaan kembali.

Gel Strength 10 menit (Penanganan)

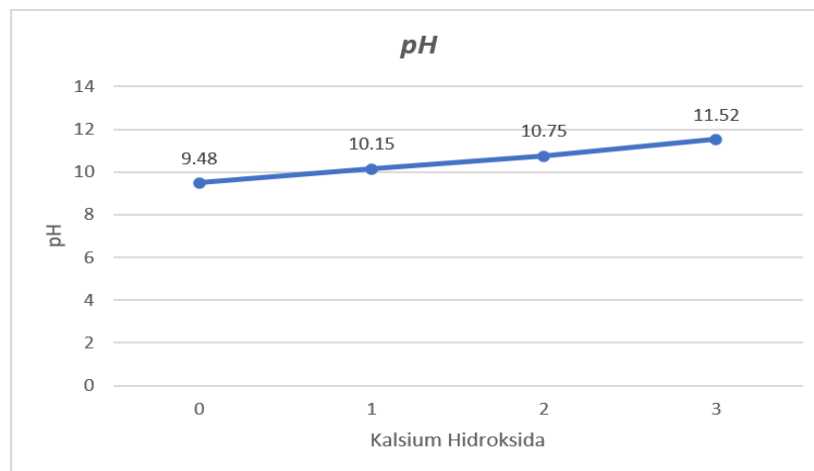


Gambar 12 Grafik Hasil Uji *Gel Strength* 10 menit

Berdasarkan grafik, nilai *Gel Strength* 10 menit meningkat dari 6 lb/100 ft² menjadi 30 lb/100 ft² seiring penambahan Ca(OH)_2 . Peningkatan ini menunjukkan terbentuknya struktur gel yang lebih kuat sehingga meningkatkan kemampuan lumpur menahan *cutting* pada kondisi statis, meskipun nilai yang terlalu tinggi dapat menyulitkan *pump start-up*.

Filtration Loss (Penanganan)**Gambar 13** Grafik Hasil Uji *Filtration Loss*

Berdasarkan grafik, nilai *filtration loss* meningkat dari 5,8 mL menjadi 55 mL seiring penambahan Ca(OH)_2 . Peningkatan ini menunjukkan kemampuan lumpur dalam mengontrol filtrasi menurun sehingga lebih banyak fluida masuk ke formasi akibat kualitas *filter cake* yang semakin buruk.

pH (Penanganan)**Gambar 7** Grafik Hasil Uji *pH*

Berdasarkan grafik, nilai pH meningkat dari 9,48 menjadi 11,52 seiring penambahan Ca(OH)_2 . Peningkatan ini menunjukkan bahwa Ca(OH)_2 efektif meningkatkan alkalinitas dan menetralkan kontaminasi ion Mg^{2+} , meskipun pH yang terlalu tinggi tetap perlu dikontrol agar tidak memengaruhi sifat lumpur pemboran.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Kontaminasi ion magnesium (Mg^{2+}) menurunkan kualitas lumpur pemboran berbasis air dengan mempengaruhi nilai *mud weight*, *plastic viscosity* (PV), *yield point* (YP), *gel strength*, *filtration loss*, dan pH. 2) Peningkatan konsentrasi Mg^{2+} menyebabkan nilai *plastic viscosity* dan *pH* cenderung menurun, sedangkan nilai *yield point*, *gel strength*, dan *filtration loss* meningkat akibat terjadinya flokulasi partikel dalam sistem lumpur pemboran. 3) Penambahan Ca(OH)_2 mampu meningkatkan *pH* serta memperbaiki beberapa sifat *rheology* lumpur yang terkontaminasi Mg^{2+} . Namun, penggunaannya perlu dikontrol karena penambahan berlebih dapat meningkatkan *filtration loss* dan mengubah karakteristik *rheology* secara berlebihan.

Saran

1) Pengendalian kontaminasi ion Mg^{2+} perlu dilakukan untuk menjaga stabilitas lumpur pemboran. 2) Penggunaan Ca(OH)_2 harus disesuaikan dengan dosis yang optimal. 3) Penambahan Ca(OH)_2 dapat memperbaiki sifat reologi dan meningkatkan pH lumpur. 4) Penggunaan Ca(OH)_2 yang berlebihan dapat meningkatkan *filtration loss*. 5) Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan aditif pengontrol filtrasi (*fluid loss additive*). 6) Penelitian selanjutnya juga disarankan menggunakan variasi konsentrasi yang lebih luas agar hasil lebih optimal dan representatif.

DAFTAR REFERENSI

- Alkinani, H. H., Dunn-Norman, S., & Al-Hameedi, A. (2021). Drilling Fluid rheology and hydraulics optimization for drilling performance improvement. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11, 159-172.
- Amanullah, M., & Al-Jubouri, M. (2012). Impact of drilling fluid rheology on drilling performance. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 98–99, 1–9.
- Amighi, A., & Shahbazi, K. (2020). Effect of divalent cation contamination on water-based drilling fluid properties. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 76, 103–115.
- API. (2009). API Recommended Practice 13B-1: Field Testing Water-Based Drilling Fluids. Washington, DC: American Petroleum Institute.
- Liu, C., Wang, T., Lashari, Z. A., & Zhao, W. (2025). Rheological investigation of water-based drilling fluids using ZnO-TiO_2 nanoparticles. *Processes*, 14(1), 81.

- Caenn, R., Darley, H. C. H., & Gray, G. R. (2011). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids* (6th ed.). Burlington, MA: Gulf Professional Publishing.
- Olawale, O., & Martin, D. N. (2025). Advancements in fluid rheology for improved control in complex deepwater geologies. *Journal of Engineering Research and Reports*, 27(6), 132-148.
- Ismail, A. R., Aftab, A., Ibupoto, Z. H., & Zolkifile, N. (2016). *The novel approach for the enhancement of rheological properties of water-based drilling fluids by using multi-walled carbon nanotube, nanosilica and glass beads*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 139, 264–275.
- API. (2019). *API Recommended Practice 13B-1: Field Testing Water-Based Drilling Fluids*. Washington, DC: American Petroleum Institute.
- Ismail, I., Samsuri, A., & Shafiee, M. (2016). Rheological properties of water-based drilling fluids under high temperature conditions. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 6(3), 453–462.
- Aftab, A., Ismail, A. R., & Ibupoto, Z. H. (2017). Enhancing the rheological properties and stability of water-based drilling mud using nanoparticles. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 159, 580–589.
- Issa, H. K., Mohammed, A. J., & Hasan, A. M. (2023). *Effect of drilling fluid rheological properties on hole cleaning and pressure losses during drilling operations*. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 24(1), 45–53.