Jurnal Global Ilmiah
Vol. 3, No. 11, Agustus 2026
ISSN: 3026-5207

Pengaruh *Wood Ash* Terhadap Performa *Rheology* Dan Pengendalian *Filtration Loss* Lumpur Pemboran Berbasis Air (WBM)

Nuryana*, Abdi Suprayitno, Ain Sahara
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Indonesia
Email: nrynanaa@gmail.com*, abdi@sttmigas.ac.id

Keywords:
Water-Based Mud, Wood Ash, Rheological Performance, Filtration Loss, Critical Limit, Mesh 100

Abstract
Water-Based Mud (WBM) is the primary drilling fluid, whose physical and rheological properties must be controlled for smooth operations. This study evaluates wood ash, a residual byproduct of charcoal combustion at food stalls in Balikpapan, as an eco-friendly additive to improve rheological performance and control filtration loss in WBM. Laboratory testing used particle size variations of Mesh 80 and Mesh 100, with additive concentrations of 2 grams, 4 grams, and 6 grams per 350 ml of base mud. Additionally, modeling using Microsoft Excel regression analysis projected mud characteristics at extreme concentrations (8 grams and 10 grams) to identify the critical threshold of additive failure. Laboratory results show adding wood ash significantly affects density, Plastic Viscosity (PV), Yield Point (YP), Gel Strength, and pH, while suppressing the Filtration Loss rate. Particle size proved crucial: finer Mesh 100 delivered far more effective performance than Mesh 80, with its larger specific surface area forming a dense, thin filter cake. The recommended optimum formulation is Mesh 100 additive at 4-gram concentration, producing ideal properties fully compliant with API 13A standard: Density 8.7 PPG, Plastic Viscosity 24 cP, Yield Point 29 lb/100ft², Gel Strength 10"/10' of 9/13 lb/100ft², Filtrate Volume 4.5 ml, and pH 9.4. Conversely, Excel regression extrapolation detected a critical failure threshold beyond 4 grams: excessive addition triggers extreme mechanical thickening (PV up to 33.2 cP, YP up to 49.2 lb/100ft²), a reversal of filtrate leakage (7.06-8.24 ml) from bentonite colloid flocculation, and an extreme caustic pH increase (10.84-11.84) damaging polymer phase integrity.

Kata Kunci:
Water-Based Mud, Wood Ash, Performa Rheology, Filtration Loss, Batas Kritis*, Mesh 100*

Abstrak
Lumpur pemboran berbasis air (WBM) merupakan fluida utama yang sifat fisik dan rheology-nya harus dikontrol demi kelancaran operasi. Penelitian ini mengevaluasi pemanfaatan abu kayu (Wood Ash) sisa pembakaran arang warung makan di Balikpapan sebagai aditif ramah lingkungan untuk meningkatkan performa rheology dan mengendalikan filtration loss WBM. Pengujian laboratorium menggunakan variasi ukuran partikel Mesh 80 dan Mesh 100 dengan konsentrasi aditif 2 gram, 4 gram, dan 6 gram per 350 ml lumpur dasar. Selain itu, pemodelan matematis menggunakan analisis regresi Microsoft Excel diterapkan untuk memproyeksikan karakteristik lumpur pada konsentrasi ekstrim (8 gram dan 10 gram) guna mengidentifikasi batas kritis kegagalan aditif. Hasil pengujian menunjukkan penambahan Wood Ash secara signifikan memengaruhi densitas, Plastic Viscosity (PV), Yield Point (YP), Gel Strength, nilai pH, dan menekan laju Filtration Loss. Ukuran partikel terbukti krusial: Mesh 100 yang lebih halus memberikan kinerja jauh lebih efektif dibandingkan Mesh 80 berkat luas permukaan spesifik lebih besar, membentuk filter cake rapat dan tipis. Formulasi optimum yang direkomendasikan adalah aditif Mesh 100 pada konsentrasi 4 gram, menghasilkan properti ideal dan patuh penuh terhadap standar API

13A: Densitas 8.7 PPG, Plastic Viscosity 24 cP, Yield Point 29 lb/100ft², Gel Strength 10"/10' sebesar 9/13 lb/100ft², Volume Filtrat 4.5 ml, dan pH 9.4. Sebaliknya, ekstrapolasi regresi Excel mendeteksi batas kritis kegagalan pada konsentrasi > 4 gram: penambahan berlebih memicu pengentalan mekanis ekstrem (PV hingga 33.2 cP, YP hingga 49.2 lb/100ft²), pembalikan kebocoran filtrat (7.06 - 8.24 ml) akibat flokulasi koloid bentonit, serta kenaikan pH kaustik ekstrem (10.84 - 11.84) merusak integritas fasa polimer.

PENDAHULUAN

Lumpur pemboran, atau drilling fluid, merupakan komponen vital dalam operasi pengeboran sumur minyak dan gas bumi, yang berfungsi mengangkat serbuk bor, menstabilkan dinding lubang, mendinginkan mata bor, serta mengontrol tekanan formasi. Di antara berbagai jenis lumpur, lumpur pemboran berbasis air (Water-Based Mud/WBM) adalah yang paling luas digunakan karena ekonomis, ramah lingkungan, dan mudah diformulasikan (Buntoro, 2016; Fitrianti, 2012; Nur, 2001; Rubiandini, 2009; Satyawira, 2018). Namun, WBM sering kali menghadapi tantangan operasional, seperti viskositas yang tidak stabil dan kemampuan mengangkat serbuk bor (cutting) yang kurang optimal, yang dapat menghambat laju pengeboran. Selain itu, kehilangan cairan (filtration loss) yang berlebihan ke dalam formasi permeabel dapat menyebabkan kerusakan formasi (formation damage), meningkatkan biaya operasi, dan memperlambat waktu pengeboran (Hamid, 2017; Hamid & Alkatiri, 2016; Kebudayaan, 2013; Kodong, 2020; Robert, 2003). Oleh karena itu, penambahan aditif yang dapat mengoptimalkan sifat rheology dan mengendalikan filtrasi menjadi sangat krusial untuk memastikan keberhasilan operasi pengeboran (Abdelaal et al., 2023; Ali et al., 2022; Alkalbani et al., 2023).

Tren terkini dalam industri hulu migas adalah mengembangkan aditif lumpur pemboran yang tidak hanya efektif tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan. Hal ini mendorong eksplorasi bahan-bahan alami dan limbah organik sebagai alternatif pengganti aditif kimia komersial yang mahal dan berpotensi berbahaya bagi lingkungan (AlBajalan et al., 2026; Liu et al., 2026; Wastu et al., 2022). Pemanfaatan limbah biomassa, seperti abu kayu (Wood Ash), menawarkan solusi ganda: mengurangi masalah lingkungan dari akumulasi limbah padat sekaligus menyediakan bahan baku aditif yang murah dan mudah didapat (Gevani et al., 2025; Pauhesti et al., 2023; Pearlo et al., 2023; Yasmaniar et al., 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aditif berbasis biomassa, seperti abu sekam padi dan abu tandan kosong kelapa sawit, mampu meningkatkan viskositas dan menekan kehilangan filtrat pada lumpur pemboran.

Penelitian spesifik mengenai pemanfaatan abu kayu sebagai aditif WBM telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Shafiq et al., (2024) menginvestigasi penggunaan abu kayu (WA) bersama abu terbang minyak sawit (POFA) dan sekam padi (RH) sebagai aditif ramah lingkungan dalam WBM. Studi mereka menemukan bahwa sekam padi dengan ukuran 212 μm pada konsentrasi 0,8 wt% memberikan peningkatan signifikan pada properti filtrasi dan rheology. Sementara itu, studi dari (Nigeria, 2025) mengevaluasi abu kayu dan abu kulit pisang sebagai peningkat pH dalam WBM, dan menemukan bahwa abu kayu efektif menaikkan pH dari 8,0 menjadi 10,0 pada konsentrasi 4 gram. Hasil serupa juga dilaporkan dalam studi formulasi abu kayu sebagai peningkat pH, di mana abu kayu berhasil menaikkan pH hingga mendekati 12,9 tanpa mengganggu perilaku aliran fluida secara signifikan. Selain itu, studi

eksperimental oleh (Iloke et al., 2023) menunjukkan bahwa abu kayu yang dikombinasikan dengan lignosulfonat dapat menjadi aditif yang menjanjikan untuk lumpur pemboran, dengan abu kayu terbukti meningkatkan pH hingga 8,0 dan menunjukkan kinerja yang baik pada berbagai suhu.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut menunjukkan potensi abu kayu, sebagian besar masih terbatas pada evaluasi awal sebagai peningkat pH atau uji kualitatif. Belum banyak penelitian yang secara sistematis menyelidiki pengaruh ukuran partikel abu kayu yang terkontrol terhadap keseluruhan parameter rheology dan filtrasi WBM secara terpadu. Terdapat kesenjangan pengetahuan (research gap) mengenai bagaimana variasi ukuran partikel abu kayu, terutama pada skala Mesh 80 dan Mesh 100, memengaruhi sifat-sifat kritis seperti Plastic Viscosity (PV), Yield Point (YP), Gel Strength, dan efisiensi pembentukan filter cake untuk menekan filtration loss. Lebih lanjut, identifikasi batas kritis (critical threshold) konsentrasi aditif yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi lumpur belum banyak dieksplorasi, terutama melalui pendekatan pemodelan matematis untuk memproyeksikan perilaku pada kondisi ekstrim.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk menyediakan aditif alternatif yang tidak hanya efektif dan ekonomis tetapi juga ramah lingkungan, sejalan dengan prinsip green drilling. Di kota-kota besar seperti Balikpapan, abu kayu dari pembakaran arang di warung makan dan restoran dihasilkan dalam jumlah signifikan dan selama ini hanya menjadi limbah padat. Penelitian ini menawarkan solusi inovatif untuk mengubah limbah tersebut menjadi produk bernilai tambah bagi industri pengeboran. Kebaruan (novelty) dari penelitian ini adalah: (1) pengujian komprehensif pengaruh ukuran partikel abu kayu (Mesh 80 vs Mesh 100) terhadap keseluruhan properti lumpur WBM, (2) penerapan pemodelan regresi untuk mengidentifikasi batas kritis konsentrasi aditif secara kuantitatif, dan (3) pemanfaatan spesifik limbah abu kayu dari aktivitas kuliner di Balikpapan yang belum banyak diteliti sebelumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan Wood Ash berukuran Mesh 80 dan Mesh 100 terhadap performa rheology (viskositas plastis, Yield Point, Gel Strength, dan pH) serta filtration loss pada WBM. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan abu kayu sisa pembakaran arang dengan variasi konsentrasi 2 g, 4 g, dan 6 g per 350 ml lumpur dasar, serta proyeksi hingga 10 gram melalui regresi linear untuk mendeteksi titik kritis kegagalan fungsi berdasarkan standar API 13A.

Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah mengenai potensi abu kayu sebagai aditif alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri pemboran dalam mengembangkan formulasi lumpur berbasis limbah organik, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia impor, serta mendukung pengelolaan limbah abu kayu secara lebih produktif dan berkelanjutan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan: seberapa besar pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi abu kayu terhadap performa rheology dan filtrasi WBM, dan di manakah batas kritis konsentrasi penambahannya? Jawaban atas pertanyaan ini akan menjadi landasan bagi rekomendasi formulasi optimum yang aman dan efisien sesuai standar industri.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium untuk mengkaji pengaruh penambahan aditif *Wood Ash* (abu kayu) terhadap sifat *rheology* dan *filtration loss* pada lumpur pemboran berbasis air. Populasi data dalam penelitian ini adalah seluruh parameter fisik dan *rheology* lumpur pemboran yang dihasilkan dari berbagai formulasi, sedangkan sampel data adalah nilai-nilai parameter yang diukur dari masing-masing formulasi lumpur. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, di mana variasi konsentrasi dan ukuran partikel abu kayu ditentukan berdasarkan studi literatur dan pertimbangan praktis untuk mendapatkan rentang data yang representatif .

Instrumen penelitian utama meliputi *Mud Balance* untuk mengukur densitas, *Fann VG Meter* untuk mengukur viskositas plastis, *Yield Point*, dan *Gel Strength*, *Filter Press* (LPLT) untuk mengukur volume filtrat dan ketebalan *mud cake*, serta pH meter untuk mengukur derajat keasaman. Uji validitas instrumen dilakukan dengan mengkalibrasi alat sesuai prosedur standar sebelum digunakan, sementara uji reliabilitas dilakukan melalui pengulangan pengukuran pada sampel yang sama untuk memastikan konsistensi hasil. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian prosedur laboratorium yang sistematis. Prosedur penelitian dimulai dengan pengayakan abu kayu untuk mendapatkan fraksi ukuran Mesh 80 dan Mesh 100, kemudian pembuatan lumpur dasar (350 ml) sesuai formulasi standar. Selanjutnya, aditif abu kayu ditambahkan ke dalam lumpur dasar dengan variasi massa 2 g, 4 g, dan 6 g, lalu diaduk dengan kecepatan dan durasi yang terkontrol . Setelah homogen, sampel lumpur diuji untuk seluruh parameter yang telah ditentukan.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan komparatif dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar API 13A. Selain itu, pemodelan matematis menggunakan analisis regresi linear pada *Microsoft Excel* diterapkan untuk memproyeksikan karakteristik lumpur pada konsentrasi aditif yang lebih tinggi (8 g dan 10 g). Perangkat lunak ini digunakan untuk membuat grafik tren dan mengekstrapolasi data guna mengidentifikasi batas kritis (*critical threshold*) di mana penambahan aditif mulai menyebabkan penurunan performa atau kegagalan fungsi lumpur . Pendekatan ini memungkinkan prediksi perilaku lumpur pada kondisi ekstrim tanpa harus melakukan pengujian fisik secara langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Lumpur Standar API 13A

Spesifikasi standar kualitas internasional API 13A digunakan sebagai parameter acuan untuk menguji kelayakan sistem lumpur pemboran berbasis air, seperti tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi standar API 13A

Mud Properties	Spesification
Mud Weight, SG	1.00 – 1.20
Plastic Viscosity, cps	≤ 25
Yield Point, lbs/100ft^2	18 - 30
Gel Strength, 10" lbs/100ft^2	5 - 12
Gel Strength, 10' lbs/100ft^2	10 - 22
Filtrate API, ml/30 min	< 6.00

pH	9 - 10

***Sumber**: American Petroleum Institute. (2019). Spesifikasi API 13A: Spesifikasi untuk Material Fluida Pengeboran .*

Data Hasil Pengujian Laboratorium dan Proyeksi Karakteristik

Tabel 4.2 menyajikan data komprehensif hasil pengujian laboratorium nyata (2g, 4g, 6g) dan data ekstrapolasi proyeksi persamaan matematis regresi Excel pada konsentrasi tinggi (8g, 10g) untuk kedua ukuran mesh.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Laboratorium dan Proyeksi Karakteristik Lumpur

Parameter Lumpur	Satuan	Original API Fluid	Variasi 4 gram API Fluid	Variasi 5 gram	Variasi 6 gram	Variasi 7 gram	Variasi 8 gram	Variasi 9 gram	Variasi 10 gram	Variasi 11 gram	Variasi 13 gram	Variasi 15 gram
Mud Weight	PPG	8.34	8.6	8.6	8.6	8.7	8.7	8.7	8.8	8.7	8.5	8.7
Marsh Funnel	sec	30	38	66	70	76	84	92	87	85	87	89
Rheology 600 RPM	-	32	40	48	52	58	62	-	-	-	-	-
Rheology 300 RPM	-	25	30	34	38	44	49	-	-	-	-	-
Rheology 200 RPM	-	17	20	22	24	28	34	-	-	-	-	-
Rheology 100 RPM	-	6	8	9	11	12	14	-	-	-	-	-
6 RPM	-	4	6	7	9	11	-	-	-	-	-	-
3 RPM	-	2	6	7	9	11	-	-	-	-	-	-
Plastic Viscosity (PV)	cP	≤25	18	18	19	22	24	26	27	28	31	30
Yield Point (YP)	lb/100 ft²	18–30	14	22	25	26	29	32	35	38	42	44
Gel Strength 10 sec	lb/100 ft²	5–15	3	6	7	8	9	10	12	13.5	16	13.2
Gel Strength 10 min	lb/100 ft²	10–20	6	7	8	9	10	12	15	16	13.2	18.3
API Filtration Loss	mL/30 min	<15	6.2	5.2	4.8	5.0	4.5	5.0	4.4	4.5	3.7	4.2

Mud Cake	mm	0.9–1.00	8.2	8.6	8.7	9.2	9.8	10.1	10.3	11.1	10.9	11.9

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

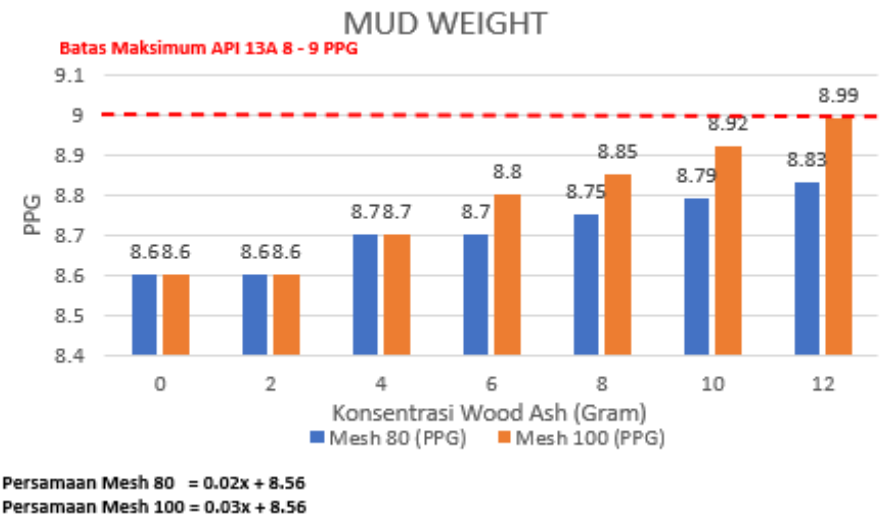
Pembahasan Karakteristik Lumpur Pemboran

Analisis Densitas *(Mud Weight)*

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Density*

Konsentrasi (gram)	Mesh 80 (PPG)	Mesh 100 (PPG)
0	8.6	8.6
2	8.6	8.6
4	8.7	8.7
6	8.7	8.8
8	8.75	8.85
12	8.83	8.92

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium (2026).*



Gambar 1 *.Diagram Density*

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

Densitas lumpur awal (Original Mud) adalah 8.6 ppg. Penambahan *Wood Ash* meningkatkan densitas secara linear hingga mencapai 8.8 ppg pada 6 gram dan terproyeksi 8.9 ppg pada 12 gram. Peningkatan ini disebabkan oleh kontribusi massa padatan oksida mineral dari abu kayu yang menambah fraksi berat per satuan volume sistem lumpur, namun nilainya masih berada dalam batas aman operasi standar API 13A (8.6 – 8.9 ppg).

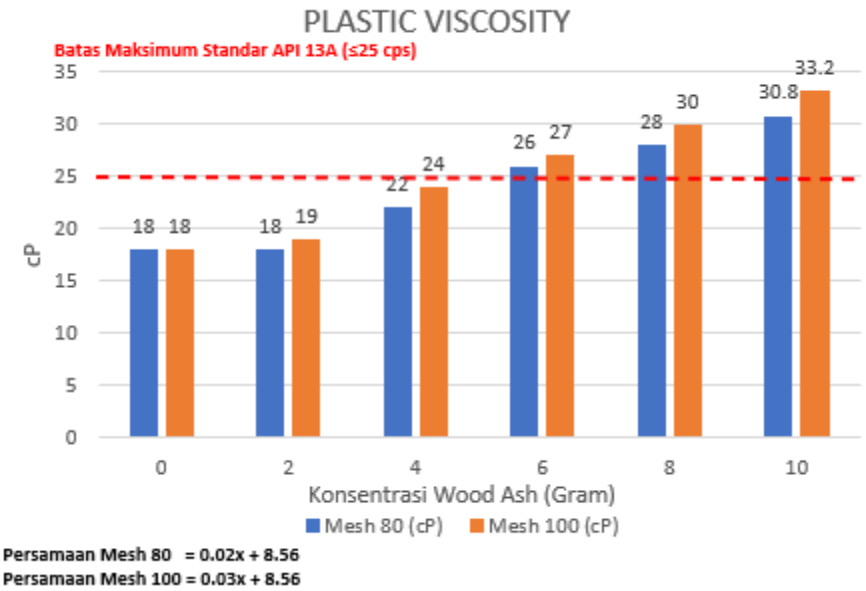
Analisis Plastic Viscosity (PV)

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Plastic Viscosity*

Konsentrasi (gram)	Mesh 80 (cP)	Mesh 100 (cP)
0	18	18

2	18	19
4	22	24
6	26	27
8	28	30
10	30.8	33.2

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*



Gambar 2. Diagram Plastik Viscosity

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

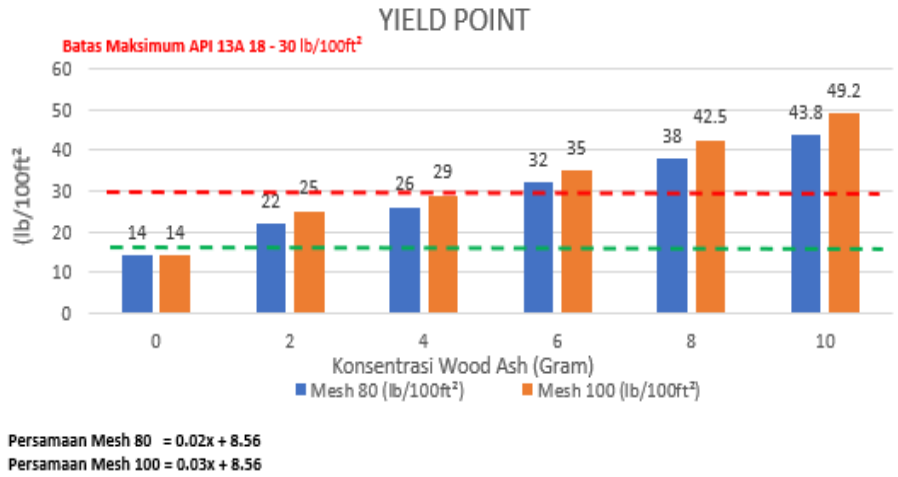
Plastic Viscosity mengukur hambatan mekanis akibat friksi antar-padatan. Lumpur dasar memiliki PV awal sebesar 18 cP. Seiring penambahan massa aditif, nilai PV meningkat bertahap. Hal ini disebabkan meningkatnya konsentrasi volume total partikel padatan per satuan volume fluida yang meningkatkan frekuensi tabrakan mekanis mekanis. Pada konsentrasi tinggi terproyeksi (10 gram), PV melonjak hingga 31 cP (Mesh 80) dan 33 cP (Mesh 100). Kondisi ini mengonfirmasi terjadinya pengentalan mekanis ekstrem yang melebihi ambang batas API (< 30 cP), berisiko menaikkan tekanan sirkulasi pompa secara berlebihan.

Analisis *Yield Point (YP)*

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Yield Point*

Konsentrasi (gram)	Mesh 80 (lb/100ft²)	Mesh 100 (lb/100ft²)
0	14	14
2	22	25
4	26	29
6	32	35
8	38	42.5
10	43.8	49.2

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*



Gambar 3. *Diagram Yield Point*

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

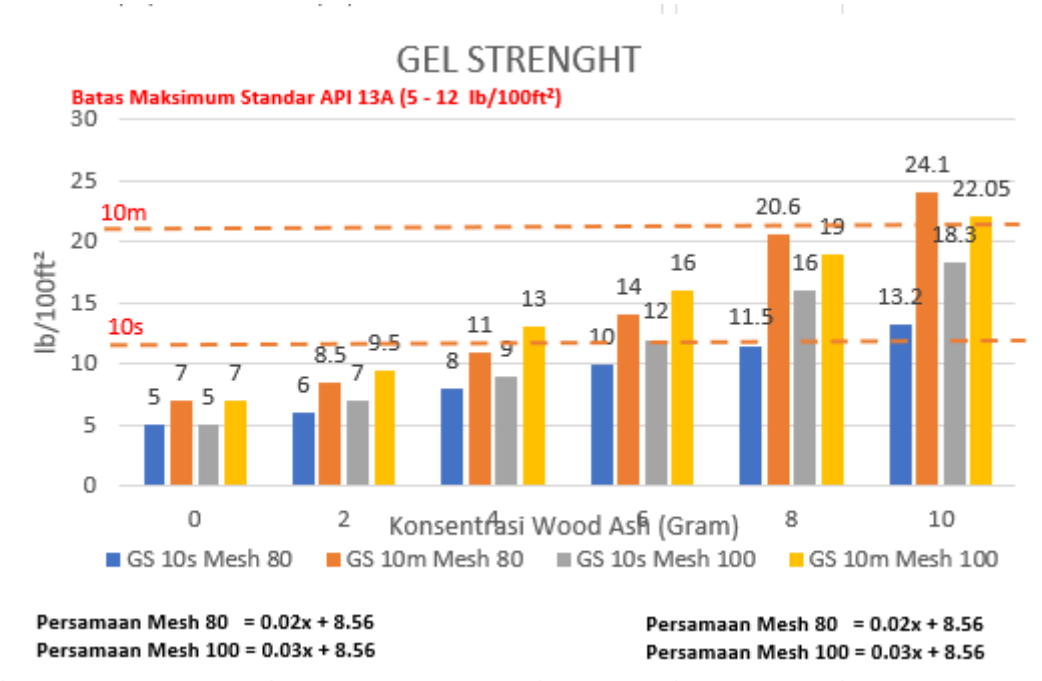
Yield Point merepresentasikan kuat gaya elektrostatik dinamis antar-partikel bermuatan dalam kondisi fluida mengalir. Lumpur dasar tanpa aditif menghasilkan nilai YP yang sangat rendah, yaitu 14 lb/100ft², yang berada di bawah standar minimum API (18 lb/100ft²). Rendahnya YP awal ini berbahaya karena menurunkan kapasitas pengangkatan serbuk bor (*Cutting* transport capacity) di dalam lubang sumur. Penambahan aditif terbukti sukses mengoreksi nilai YP ke zona ideal (18-30 lb/100ft²) pada konsentrasi 2 gram dan 4 gram. Namun, pada konsentrasi 6 gram ke atas, YP melonjak menembus batas maksimal hingga mencapai 44 - 49 lb/100ft² pada proyeksi 10 gram, menandakan terjadinya flokulasi padatan yang berlebihan.

Analisis *Gel Strength*

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Plastic Viscosity*

Concentration (gram)	GS 10s Mesh 80	GS 10m Mesh 80	GS 10s Mesh 100	GS 10m Mesh 100
0	5.0	7.0	5.0	7.0
2	6.0	8.5	7.0	9.5
4	8.0	11.0	9.0	13.0
6	10.0	14.0	12.0	16.0
8	11.5	20.6	16.0	19.0
10	13.2	24.1	18.3	22.05

Sumber : *Disusun oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*



Gambar 4. Diagram *Gel Strenght*

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

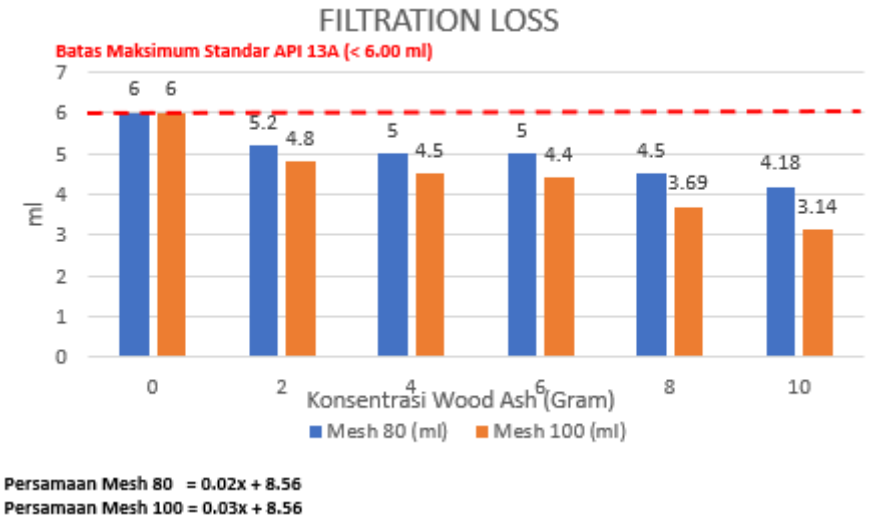
Gel Strength lumpur dasar adalah 5/7 lb/100ft². Penambahan *Wood Ash* menaikkan kekuatan gel secara progresif. Variasi Mesh 100 menaikkan *Gel Strength* lebih tinggi dibanding Mesh 80 karena partikel yang lebih halus menyediakan titik kontak elektrostatik yang lebih banyak untuk membangun struktur gel statis yang kokoh guna menggantung *Cutting* sumur bor.

Analisis Pengendalian *Filtration Loss*

Tabel 4.7 Hasil Pengujian *Filtration Loss*

Konsentrasi (gram)	Mesh 80 (ml)	Mesh 100 (ml)
0	6	6
2	5.2	4.8
4	5	4.5
6	5	4.4
8	4.5	3.69
10	4.18	3.14

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*



Gambar 5. *Diagram Filtration Loss*

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

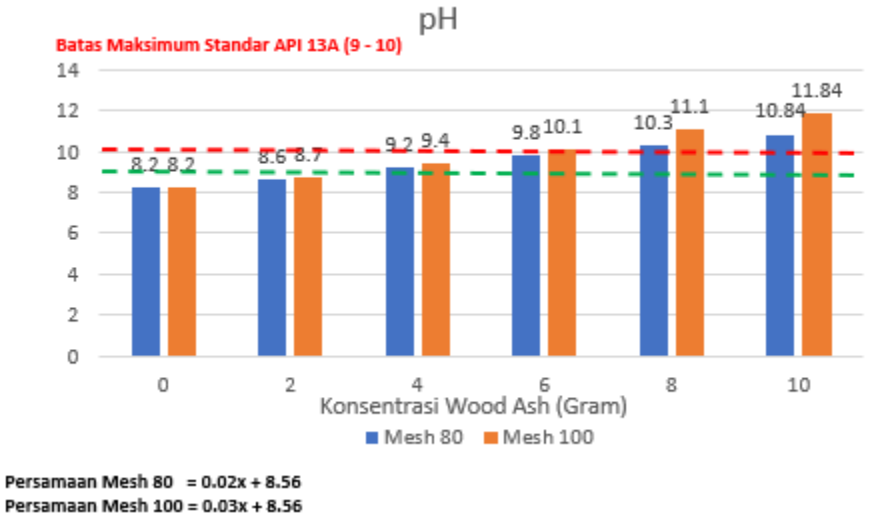
Filtration Loss mengukur volume fasa cair lumpur yang terfiltrasi keluar dan menerobos masuk ke dalam zona formasi batuan permeabel. Lumpur dasar memiliki volume rembesan sebesar 6.0 ml (berada tepat pada batas maksimal standar API < 6.0 ml). Selama pengujian laboratorium nyata (2-6 gram), aditif abu kayu bertindak sebagai agen pengendali filtrasi yang sangat baik, di mana volume filtrat berhasil ditekan secara optimal hingga mencapai titik terendah yaitu 4.4 ml pada Mesh 100 konsentrasi 6 gram. Hal ini membuktikan partikel halus Mesh 100 mampu menyusup presisi menyumbat pori-pori kertas saring guna membentuk lapisan mud cake yang tipis dan kedap.

Analisis Derajat Keasaman (pH)

Tabel 4.8 Hasil Pengujian *pH*

Konsentrasi (gram)	Mesh 80	Mesh 100
0	8.2	8.2
2	8.6	8.7
4	9.2	9.4
6	9.8	10.1
8	10.3	11.1
10	10.84	11.84

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*



Gambar 6. Diagram pH

Sumber: *Disiapkan oleh penulis berdasarkan pengujian laboratorium dan analisis regresi Microsoft Excel (2026).*

Nilai pH lumpur pemboran wajib dipertahankan pada kondisi basa kuat untuk memicu hidrasi maksimal bentonit sekaligus memproteksi rangkaian pipa bor besi dari serangan korosi asam. Lumpur dasar memiliki pH awal sebesar 8.2 (di bawah standar API 9.0 – 10.0). Senyawa kimia alami golongan alkali yang terkandung di dalam abu kayu (seperti CaO dan K2CO3) mengalami proses hidrolisis cepat saat bereaksi dengan air fasa kontinu, melepaskan ion OH^- yang menaikkan alkalinitas sistem secara natural. Nilai pH masuk ke dalam zona regulasi ideal standar API pada konsentrasi 4 gram (pH 9.2 - 9.4). Namun, pada konsentrasi laboratorium 6 gram Mesh 100, pH melompat naik ke angka 10.1 (melewati batas atas). Lonjakan pH yang signifikan juga teramati pada proyeksi matematis menggunakan regresi Excel, di mana nilai pH diprediksi mencapai 11.1 pada konsentrasi 8 gram dan 11.84 pada konsentrasi 10 gram untuk variasi Mesh 100. Meskipun data ini merupakan hasil ekstrapolasi dan bukan berasal dari pengujian laboratorium aktual, tren peningkatan yang konsisten ini memberikan indikasi kuat bahwa konsentrasi aditif di atas batas optimum berpotensi menyebabkan kondisi fluida yang terlampau kaustik. Kondisi pH yang diproyeksikan melampaui batas standar API 13A (9.0–10.0) ini mengindikasikan bahwa sifat basa ekstrem dapat mendegradasi rantai polimer organik dan menyebabkan dispersi bentonit yang tidak terkendali. Namun demikian, interpretasi ini harus dilakukan dengan hati-hati karena proyeksi regresi memiliki keterbatasan dan belum diverifikasi melalui pengujian eksperimental langsung pada kondisi tersebut. Oleh karena itu, rekomendasi batas kritis konsentrasi > 4 gram lebih bersifat sebagai peringatan dini (*early warning*) berdasarkan tren prediktif, yang memerlukan validasi lebih lanjut melalui pengujian laboratorium aktual pada konsentrasi tinggi untuk memastikan akurasinya.

Penentuan Formula Komposisi Optimum

Melalui analisis komparatif terintegrasi yang mempertemukan data riil laboratorium dengan visualisasi tren proyeksi matematis Excel pada konsentrasi tinggi (8 gram dan 10 gram), ditetapkan secara mutlak bahwa Formulasi Lumpur Pemboran WBM dengan aditif

Wood Ash ukuran Mesh 100 pada konsentrasi massa 4 gram merupakan komposisi terbaik dan paling optimum. Formulasi ini terbukti unggul secara saintifik berdasarkan dua pertimbangan utama:

1. Kepatuhan Total Terhadap Batasan Standar: Komposisi Mesh 100 pada konsentrasi 4 gram menjadi satu-satunya titik formula di mana seluruh parameter pengujian berada di dalam rentang aman standar API 13A, yaitu Densitas sebesar 8.7 PPG, *Plastic Viscosity* sebesar 24 cP, *Yield Point* sebesar 29 lb/100ft², *Gel Strength* ideal (9/13 lb/100ft²), Volume Filtrat sangat rendah sebesar 4.5 ml, serta derajat basa pH sebesar 9.4 yang ideal dalam mencegah bahaya korosi pipa.
2. Deteksi Batas Kritis Kegagalan Operasi: Melalui bantuan grafik proyeksi ekstrapolasi Excel pada konsentrasi 8 gram dan 10 gram, berhasil dibuktikan bahwa penambahan aditif abu kayu di atas batas kritis (konsentrasi > 4 gram) akan berakibat fatal merusak integritas fluida secara keseluruhan. Hal ini ditandai dengan pengentalan lumpur yang ekstrem, pembengkakan volume kehilangan filtrat akibat flokulasi jenuh (> 7 ml), serta kenaikan pH kaustik radikal yang dapat memicu kerusakan formasi dan kegagalan operasi pengeboran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis data, disimpulkan bahwa penambahan *Wood Ash* berpengaruh signifikan terhadap performa *rheology* dan *filtration loss* WBM. Aditif ini mampu meningkatkan densitas, PV, YP, *Gel Strength*, dan pH, serta menekan laju *filtration loss*. Ukuran partikel terbukti sangat krusial, di mana Mesh 100 (lebih halus) jauh lebih efektif daripada Mesh 80 dalam membentuk *filter cake* yang rapat dan menekan filtrasi. Formulasi optimum yang direkomendasikan adalah aditif Mesh 100 dengan konsentrasi 4 gram, karena menghasilkan seluruh properti lumpur dalam batas aman standar API 13A.

Selain itu, pemodelan regresi berhasil mengidentifikasi batas kritis kegagalan pada konsentrasi > 4 gram, di mana penambahan berlebih menyebabkan pengentalan ekstrem, potensi kebocoran filtrat, dan peningkatan pH yang merusak. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menguji variasi jenis limbah biomassa lainnya sebagai aditif WBM, mengeksplorasi ukuran partikel yang lebih halus (Mesh 120, 150), dan melakukan validasi menggunakan peralatan *High Temperature High Pressure* (HTHP) *Filter Press* untuk mensimulasikan kondisi sumur yang sebenarnya. Validasi terhadap model proyeksi matematis juga penting untuk meningkatkan keandalan prediksi batas kritis aditif.

REFERENSI

Abdelaal, A., Ibrahim, A. F., & Elkatatny, S. (2023). Data-driven framework for real-time rheological properties prediction of flat rheology synthetic oil-based drilling fluids. *ACS Omega*, *8*, 14371–14386. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06656

AlBajalan, A. R., Rasol, A. A. A., & Norddin, M. N. A. M. (2026). Graphene oxide-zinc oxide nanocomposites as multifunctional materials for thermally stable and high-performance biodegradable water-based drilling muds. *Scientific Reports*, *16*, 4929. https://doi.org/10.1038/s41598-026-35573-8

Ali, I., Ahmad, M., & Ganat, T. A. A. (2022). Experimental study on water-based mud: investigate rheological and filtration properties using cupressus cones powder. *Journal of*

Petroleum Exploration and Production Technology, *12*(10), 2699–2709. https://doi.org/10.1007/s13202-022-01471-8

Alkalbani, A. K., Chala, G. T., & Alkalbani, A. M. (2023). Experimental investigation of the rheological properties of water base mud with silica nanoparticles for deep well application. *Ain Shams Engineering Journal*, *14*(10), 102147. https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102147

Buntoro. (2016). *Pengantar Teknik Pemboran dan Perencanaan Lumpur Pemboran*. Penerbit Kebumian.

Fitrianti. (2012). Evaluasi Sifat-Sifat Rheology Lumpur Pemboran Berbasis Air pada Kondisi Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *1*(2), 45–52.

Gevani, S., Sahrudding, & Sinurat, D. (2025). Studi Laboratorium Analisis Penambahan CaCO3 pada Berbagai Temperatur terhadap Lumpur Pemboran. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, *9*(2).

Hamid, A. (2017). Pengaruh Nilai pH terhadap Stabilitas Sifat Fisik Lumpur Pemboran. *Jurnal Pemboran Indonesia*, *4*(1), 23–29.

Hamid, A., & Alkatiri, M. (2016). Analisis Penyebab Pipe Sticking dan Metodologi Penanganannya pada Sumur Eksplorasi. *Jurnal Operasi Pemboran*, *5*(2), 60–67.

Kebudayaan, K. P. dan. (2013). *Kurikulum dan Bahan Ajar Teknik Pemboran Migas*. Direktorat Pembinaan SMK.

Kodong, F. R. (2020). Studi Perbandingan Metode Wait and Weight dengan Driller Method dalam Penanggulangan Kick. *Jurnal Teknik Kebumian*, *9*(2), 75–83.

Liu, C., Wang, T., Lashari, Z. A., & Zhao, W. (2026). Rheological Investigation of Water-Based Drilling Fluids Using Synthesized ZnO with TiO2 and Activated Carbon. *Processes*, *14*(1), 81. https://doi.org/10.3390/pr14010081

Nur, A. (2001). Evaluasi Pengaruh Densitas terhadap Stabilitas Dinding Lubang Pemboran. *Jurnal Teknologi Kebumian*, *3*(1), 12–19.

Pauhesti, P., Sembiring, A., Djumantara, M., Samura, L., & Cahaya, R. (2023). Evaluasi Penanggulangan Lost Circulation Lapangan X. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *12*(2), 91–100. https://doi.org/10.25105/petro.v12i2.14383

Pearlo, K. L., Satiyawira, B., & Husla, R. (2023). Studi Laboratorium Pengaruh Sistem Bentonite Prehidrasi terhadap Mud Weight, Viskositas, dan Plastic Viscosity pada Temperatur 80°F, 250°F, dan 300°F. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *12*(1), 12–26.

Robert, M. (2003). *Advanced Drilling Engineering and Well Control Management*. Gulf Publishing Company.

Rubiandini, R. (2009). *Teknik Operasi Pemboran Volume 1*. PT Grafika Utama.

Satyawira, B. (2018). Analisis Laboratorium Pengujian HTHP Filtration Loss pada Fluid System. *Jurnal Teknologi Perminyakan*, *7*(3), 112–120.

Wastu, A. R. R., Yasmaniar, G., Husla, R., & Fattahanisa, A. (2022). Pengujian Sifat Fisik Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Minyak Jelantah Sebagai Penggunaan Lumpur Pemboran yang Ramah Lingkungan. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *11*(3), 235–245. https://doi.org/10.25105/petro.v11i3.9929

Yasmaniar, G., Wastu, A. R. R., Husla, R., & Yanti, W. (2023). Pengaruh Penambahan Bubuk Kulit Pisang terhadap Filtration Loss dan Mud Cake pada Lumpur Berbahan Dasar Air Tawar untuk Temperatur 80oF dan 200oF. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, *12*(2), 122–130. https://doi.org/10.25105/petro.v12i2.16729