

**LAPORAN**  
**PENELITIAN UNGGULAN FAKULTAS (PUF)**

**ANALISIS PENGGUNAAN LUMPUR POLYAMINE TERHADAP SIFAT FISIK**  
**LUMPUR PEMBORAN**

**TIM PENELITIAN**

Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.	(0320119501)	Ketua
Apriandi Rizkina Rangga Wastu, S.T., M.T.	(0320049301)	Anggota
Ridha Husla, S.T., M.T.	(0325029401)	Anggota
Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.	(0308079101)	Anggota
Rika Maharani Waropen	071002000039	Anggota



**TEKNIK PERMINYAKAN**  
**Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi**  
**UNIVERSITAS TRISAKTI**  
2023/2024



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
TAHUN AKADEMIK 2023/2024  
0698/PUF/FTKE/2023-2024**

- 1. Judul Penelitian** : ANALISIS PENGGUNAAN LUMPUR POLYAMINE TERHADAP  
: SIFAT FISIK LUMPUR PEMBORAN
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.
- b. NIDN : 0320119501
- c. Jabatan/Golongan : Lektor/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK PERMINYAKAN
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Teknik Perminyakan  
Jl. Baledesa Gg. Kidang No. 84 RT 005 RW 007 Kota Sukabumi
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : [ghanima@trisakti.ac.id](mailto:ghanima@trisakti.ac.id)
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T. /Teknik Perminyakan
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Ridha Husla, S.T., M.T./TEKNIK PERMINYAKAN
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T./Ekonomi Migas
- e. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 1 orang
- f. Jumlah alumni yang terlibat : 1 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 1 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2023
- Bulan/Tahun Selesai : Juli 2024
- 6. Luaran yang dihasilkan** :  
• Hak Kekayaan Intelektual  
• Publikasi di Jurnal
- 7. Biaya Total** : Rp31.000.000,-  
(Tiga Puluh Satu Juta)

Dekan



Dr. Suryo Prakoso, S.T., M.T.  
NIDN: 0324017002

Jakarta, 04 September 2024  
Ketua Tim Pengusul



Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.  
NIDN: 0320119501

Direktur



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM., ASEAN Eng.  
NIDN: 0308097001

## IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
Judul Penelitian	: ANALISIS PENGGUNAAN LUMPUR POLYAMINE TERHADAP SIFAT FISIK LUMPUR PEMBORAN
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green Engineering/ Technology
Mata Kuliah yang terkait	: Teknik Lumpur Pemboran
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	:

### Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.	3565	Ketua	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Apriandi Rizkina Rangga Wastu, S.T., M.T.	3607	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Ridha Husla, S.T., M.T.	3552	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.	3513	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Rika Maharani Waropen	07100200 0039	Anggota	Mahasiswa Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Michelle Kezia Lumongga Nathanie	31750258 07000003	Anggota	Alumni Universitas Trisakti		
Anggi Mayasari, ST.	15710146 03890081	Anggota	Laboran/Ad min Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	:
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2023
Berakhir	: Juli 2024
Dana diusulkan	: Rp31.000.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.2.03.08.01
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 4
Produk Inovasi	:
Luaran	: Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Jurnal

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Identitas Penelitian .....	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
RINGKASAN PENELITIAN.....	4
BAB 1. PENDAHULUAN .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	31
DAFTAR PUSTAKA .....	32
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN .....	35
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	37

## DAFTAR TABEL

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian .....	20
---	----

## DAFTAR GAMBAR

Tabel 1. Komposisi Sample Lumpur Polyamine .....	22
Tabel 2. Hasil Pengukuran Densitas Lumpur Polyamine .....	23
Tabel 3. Hasil Pengukuran Densitas Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	23
Tabel 4. Hasil Pengukuran Viscositas Lumpur Polyamine .....	24
Tabel 5. Hasil Pengukuran Viscositas Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	24
Tabel 6. Hasil Pengukuran Plastic Viscosity Lumpur Polyamine .....	25
Tabel 7. Hasil Pengukuran Plastic Viscosity Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	25
Tabel 8. Hasil Pengukuran Yield Point Lumpur Polyamine.....	26
Tabel 9. Hasil Pengukuran Yield Point Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	26
Tabel 10. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Detik Lumpur Polyamine.....	27
Tabel 11. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Menit Lumpur Polyamine .....	27
Tabel 12. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Detik Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	27
Tabel 13. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Menit Lumpur Polyamine Setelah Treatment.....	28
Tabel 14. Hasil Pengukuran Filtration Loss Lumpur Polyamine .....	28
Tabel 15. Hasil Pengukuran Mud Cake Lumpur Polyamine .....	28
Tabel 16. Hasil Pengukuran Filtration Loss Lumpur Polyamine Setelah Treatment .....	29
Tabel 17. Hasil Pengukuran Mud Cake Lumpur Polyamine .....	29
Tabel 18. Hasil Pengukuran pH Lumpur Polyamine .....	29
Tabel 19. Hasil Pengukuran pH Lumpur Polyamine .....	30

## RINGKASAN PENELITIAN

Lumpur pemboran merupakan salah satu penunjang keberhasilan suatu operasi pemboran, Sifat fisik serta komposisi lumpur pemboran penting untuk diperhatikan, dimana akan berpengaruh pada keberhasilan operasi pemboran. Dalam proses pemboran sering melewati formasi yang mengandung reaktif clay maupun shale yang mana dapat menyebabkan terjadinya problem swelling clay dan rusaknya formasi. Oleh karena itu perlu digunakan fluida pemboran yang sesuai agar dapat menanggulangi masalah tersebut. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menanggulangi hal tersebut adalah penggunaan polyamine.

Polyamine termasuk dalam golongan dalam quarternary ammonium salt yang berfungsi sebagai pencegah menyerapnya air dalam shale dan clay (water absorption), serta mencegah penyebarannya (non-dispersion). Pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai penggunaan lumpur polyamine terhadap sifat fisik lumpur pemboran berupa densitas, viskositas, rheology, filtration loss, mud cake, dan pH, sehingga mengetahui apakah lumpur polyamine dapat digunakan pada operasi pemboran secara efektif atau tidak.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Lumpur dipanaskan pada temperatur 250 °F, 300 °F, dan 350°F selama 16 jam menggunakan hot roller untuk menyesuaikan kondisi lapangan saat sirkulasi. Setelah di hot roll, dilanjutkan pengujian sifat fisik lumpur, yaitu pengujian densitas atau mud weight dengan mud balance, viskositas dengan marsh funnel, rheologi lumpur dengan fann VG rheometer, serta filtration loss, mud cake, dan pH dengan filter press yang menggunakan kertas whattman sebagai kertas penyaring. Komposisi sampel lumpur pada tiap suhu pemanasan disamakan untuk mengetahui perbandingan kinerja lumpur pada ketiga suhu tersebut.

Hasil pengamatan sampel polyamine didapatkan nilai sifat fisik yang menurun yang diketahui disebabkan oleh peningkatan temperatur. Agar spesifikasi kedua sampel lumpur pada suhu 250, 300, dan 350°F dapat terpenuhi, perlu dilakukan treatment penambahan aditif. Untuk meningkatkan densitas dilakukan penambahan barite, viskositas dengan bentonite, rheologi lumpur dengan XCD dan PHPA, filtration loss dan mud cake dengan PF-PAC LV, serta untuk menstabilkan pH dengan KOH.

Kata Kunci :

Lumpur Pemboran, Polyamine, Clay, Shale, Sifat Fisik Lumpur

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Lumpur pemboran merupakan salah satu penunjang keberhasilan suatu operasi pemboran, dimana nantinya akan berpengaruh terhadap efektifitas dari proses pemboran tersebut. Lumpur yang baik akan membantu kecepatan pemboran, menaikkan efisiensi pemboran dan dapat menjamin keselamatan.

Sifat fisik serta komposisi lumpur pemboran penting untuk diperhatikan, dimana akan berpengaruh pada keberhasilan operasi pemboran. Dalam proses pemboran sering melewati formasi yang mengandung reaktif clay maupun shale yang mana dapat menyebabkan terjadinya problem swelling clay dan rusaknya formasi. Oleh karena itu perlu digunakan fluida pemboran yang sesuai agar dapat menanggulangi masalah tersebut.

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menanggulangi hal tersebut adalah penggunaan polyamine. Polyamine termasuk dalam golongan dalam quarternary ammonium salt yang berfungsi sebagai pencegah menyerapnya air dalam shale dan clay (water absorption), serta mencegah penyebarannya (non-dispersion) (Putra et al., 2016).

Beberapa peneliti telah menguji efektivitas polyamine sebagai shale inhibitor, dan diketahui bahwa lumpur dengan polyamine dapat mencegah swelling clay (Qiu et al., 2019), serta dapat mengurangi clay swelling hingga lebih dari 50 % (Chen & Wei, 2019; Liu et al., 2017). Beberapa peneliti juga menguji kinerja lumpur polyamine pada suhu tinggi dan secara efektif masih mampu mencegah swelling clay (Jiang et al., 2021; Gao et al., 2018).

Polyamine merupakan material shale inhibitor yang memiliki banyak keunggulan, di antaranya sifat polyamine yang ramah terhadap lingkungan (Putra et al., 2016). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai penggunaan lumpur polyamine terhadap sifat fisik lumpur pemboran.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dijelaskan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai densitas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur?
2. Bagaimana nilai viskositas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur?
3. Bagaimana nilai rheologi yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur?
4. Bagaimana hasil filtration loss dan mud cake yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur?
5. Bagaimana pH yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur?
6. Apakah sifat-sifat fisik lumpur pemboran yang dihasilkan oleh lumpur polyamine sesuai dengan standar?

Apakah lumpur polyamine dapat digunakan sebagai lumpur pemboran berdasarkan sifat fisik yang dimilikinya?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai densitas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur.
2. Mengetahui nilai viskositas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur.
3. Mengetahui nilai rheologi yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur.
4. Mengetahui hasil filtration loss dan mud cake yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur.

5. Mengetahui pH yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine dengan variasi temperatur.
6. Mengetahui sifat-sifat fisik lumpur pemboran yang dihasilkan oleh lumpur polyamine sesuai dengan standar tidak.
7. Mengetahui apakah lumpur polyamine dapat digunakan sebagai lumpur pemboran berdasarkan sifat fisik yang dimilikinya atau tidak.

#### **1.4. Batasan Penelitian**

Adapun batasan dari penelitian ini yaitu analisis penggunaan lumpur polyamine berdasarkan sifat-sifat fisik lumpur pemboran berupa densitas, viskositas, rheology (plastic viscosity, yield point, gel strength), filtration loss, dan pH. temperatur yang digunakan pada pengukuran yaitu 250 °F, 300 °F, dan 350°F.

#### **1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas**

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang akan berlanjut sampai tahun 2025 dengan menggunakan polymer, metode serta temperature yang berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Lumpur pemboran merupakan fluida yang digunakan dalam operasi pemboran untuk membersihkan dasar lubang bor dari serbuk bor (cutting) dan mengangkatnya ke permukaan, dimana fluida tersebut dialirkan dari atas permukaan melalui rangkaian dalam pipa bor dan keluar dari pahat bor, lalu mengalir kembali ke atas permukaan melalui ruang antara dinding pipa bor dengan formasi (annulus).

### **II.1 Fungsi Lumpur Pemboran**

Fluida pemboran atau drilling fluid merupakan semua jenis fluida yang dapat digunakan dalam proses sirkulasi kedalam sumur dengan tujuan membersihkan dan mengangkat serpihan bor (cuttings) dari dalam sumur ke atas permukaan (Baker & Hughes INTEQ Inc., 1995).

Fluida pemboran yang biasa dikenal dengan lumpur pemboran merupakan bagian dari circulating equipment. Circulating equipment didefinisikan sebagai bagian dari peralatan bor atau sistem pemboran yang berfungsi untuk mensirkulasikan fluida pemboran (lumpur) dalam suatu siklus, yang berlangsung terus menerus selama pembuatan lubang bor (Widradjat, 1984).

Selain berfungsi sebagai media sirkulasi serbuk bor, lumpur juga digunakan untuk menahan tekanan formasi. Pemilihan jenis lumpur pemboran penting untuk diketahui karena jenis lumpur yang akan digunakan penting agar operasi pemboran dapat terlaksana dengan baik dan aman. Beberapa faktor yang sangat mempengaruhi pemilihan jenis lumpur bor antara lain tekanan, temperatur, dan jenis formasi lapisan yang akan di bor (Rubiandini, 2012).

Keberhasilan suatu proses pemboran sangat bergantung pada tiga factor penting, antara lain rate penetrasi bit terhadap batuan, transportasi serbuk bor (cutting) dari dalam sumur menuju permukaan, dan faktor yang mendukung kondisi pada borehole (Mitchell & Miska, 2011).

Suatu fluida pemboran atau lumpur pemboran dapat dikatakan baik dan efektif untuk digunakan harus memenuhi beberapa fungsi dalam proses pemboran, yaitu antara lain:

#### **II.1.1 Mengangkat Serbuk Bor (Cutting) ke Permukaan**

Salah satu fungsi vital lumpur adalah mengangkut cutting ke atas permukaan. Fluida pemboran disirkulasi melalui drill string menuju ke pahat bor, lalu mengangkut serbuk bor ke atas permukaan melalui annulus. Daya angkut tersebut dipengaruhi oleh profil aliran lumpur (annular velocity profile), ukuran cutting, Rate of Penetration (ROP), pipe rotation, densitas, plastic viscosity, yield point serta gel strength. Apabila cutting tidak segera terangkat dari dasar sumur, maka akan melekat pada bit (bit balling) dan akan mempengaruhi efektifitas pemboran (MI Swaco, 1998).

### **II.1.2 Membersihkan Dasar Lubang Bor (Bottom Hole Cleaning)**

Agar proses pemboran dapat berjalan dengan lancar, maka dasar lubang bor harus dibersihkan. Jika dasar lubang bor (bottom hole) terdapat banyak indikasi cutting agar tidak menimbulkan masalah seperti stuck pipe (Rosyidan, 2017). Lubang bor dapat dibersihkan dengan menggunakan fluida pemboran yang bersifat encer, yang dialirkan melalui bit nozzles dengan shear rate tinggi. Nozzles akan memberikan daya sembur tinggi pada ujung bit sehingga dasar lubang bor bersih dari cuttings (Suhascaryo et al., 2020).

### **II.1.3 Mengontrol Tekanan Formasi**

Lumpur pemboran mengontrol tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik adalah tenaga desak dengan kolom fluida dikalikan dengan berat fluida dan kedalaman (True Vertical Deth). Tekanan fluida formasi umumnya adalah sekitar 0,465 psi/ft kedalaman. Pada tekanan yang normal air dan padatan di pemboran telah cukup untuk menahan tekanan formasi ini. Kegagalan mengontrol tekanan formasi mengakibatkan masuknya fluida formasi ke sumur yang mengakibatkan kick. Untuk tekanan yang lebih kecil dari normal (subnormal), densitas lumpur harus diperkecil agar lumpur tidak hilang masuk ke dalam formasi. Sebaliknya untuk tekanan abnormal, maka terkadang perlu ditambahkan barite untuk memperberat lumpur (Amoco, 1994; MI Swaco, 1998).

### **II.1.4 Mempertahankan Stabilitas Lubang Bor (Wellbore Stability)**

Tekanan hidrostatik lumpur pemboran bertindak seperti mengurung lubang bor. Stabilitas lubang bor (wellbore stability) merupakan keadaan dimana adanya keseimbangan antara faktor mekanikal (tekanan dan stress) dan bahan kimia yang digunakan. Lumpur bor memproduksi mud cake atau lapisan tipis pada dinding casing, dimana mud cake yang kurang berkualitas atau tebal dapat menyebabkan stuck pipe, kesulitan dalam running casing, dan menurunkan kualitas penyemenan (MI Swaco, 1998).

### **II.1.5 Mendinginkan dan Melumasi Bit dan Rangkaian Pipa Bor (Drilling Assembly)**

Panas dan gesekan dapat timbul pada bit dan area antara drill string dan lubang bor ketika operasi pemboran berlangsung. Kontak antara drill string dan lubang bor juga dapat membuat torsi yang cukup besar selama proses tripping. Konduksi formasi umumnya kecil sehingga sukar menghilangkan panas ini, tetapi dengan aliran lumpur telah cukup untuk mendinginkan sistem. Lumpur yang bersirkulasi juga membantu mengalirkan panas dari titik gesekan dan formasi (MI Swaco, 1998).

### **II.1.6 Menunjang Berat Rangkaian Pipa Bor (Drill String)**

Jika kedalaman kegiatan pengeboran makin bertambah, maka rangkaian pipa bor akan semakin panjang. Hal ini menyebabkan beban yang harus ditahan oleh peralatan permukaan (rig) semakin besar, oleh karena itu lumpur akan digunakan untuk menahan sebagian berat rangkaian pipa bor dan selubung (Suhascaryo et al., 2020).

### **II.1.7 Menyalurkan Tenaga Hidrolik ke Bit**

Gaya hidrolik ditransmisikan ke pahat bor saat fluida pemboran dikeluarkan melalui bit nozzles dengan kecepatan tinggi. Tekanan yang dikeluarkan akan mendorong cuttings keluar dari formasi pemboran dan nantinya akan diangkat lumpur keatas permukaan. Tenaga hidrolik dapat digunakan untuk memaksimalkan ROP dengan meningkatkan pengangkatan cuttings dari dalam lubang bor. Selain itu, juga untuk memberikan daya pada mud motors untuk membantu gaya rotasi bit. Hydraulic Horse Power (HHP) yang dihasilkan pada bit sebagai akibat dari aliran fluida pemboran dan penurunan tekanan melalui bit nozzle (MI Swaco, 1998; Mitchell & Miska, 2011).

### **II.1.8 Menahan Serbuk Bor (Cuttings) dan Padatan Lainnya Saat Sirkulasi Dihentikan**

Lumpur pemboran harus dapat menahan cuttings, materi-materi pemberat (weighting materials) and additive lainnya pada berbagai kondisi dalam lubang bor. Kemampuan lumpur untuk menahan cuttings selama sirkulasi dihentikan (kondisi statis) tergantung dari gel strength dan low shear viscosity. Jika cairan menjadi gel, maka tahanan terhadap gerakan cuttings ke bawah dapat dipertinggi. Perlunya menahan cuttings agar tidak turun ke bawah agar tidak mengendap dan menyebabkan pipa terjepit (pipe sticking), selain itu akan memperbesar permulaan kerja pompa (Suhascaryo et al., 2020; MI Swaco, 1998).

### **II.1.9 Melindungi Formasi Produktif (Fluid Loss Control)**

Saat proses pemboran telah memasuki lapisan permeable, fluida dapat menginvasi dan mengkontaminasi zona tersebut. Karena proses penyemenan casing sedang berlangsung, maka diperlukan filter cake dengan permeabilitas rendah yang terdiri dari padatan yang nantinya akan menutup dinding lubang bor dan menjaga stabilitas lubang bor (wellbore stability). Fungsi lumpur untuk melindungi formasi produktif berhubungan dengan sifat lumpur membentuk mud cake. Saat tekanan kolom lumpur lebih tinggi dari tekanan formasi, filtrate lumpur akan memasuki formasi (Mitchell & Miska, 2011).

### **II.1.10 Sebagai Media Evaluasi Formasi (Wireline Logging)**

Pada proses sirkulasi lumpur dan pengangkatan cutting ke permukaan dilakukan monitoring untuk mendeteksi potensi minyak dan gas serta zona-zona air di dalam lubang bor oleh mud loggers. Informasi yang didapat akan di rekam dalam mud log yang nantinya akan menunjukkan lithologi, ROP (Rate of Penetration), indikasi minyak dan gas dari evaluasi cuttings, dan berbagai parameter geologi. Pengumpulan dan interpretasi data geologi dari hasil pemboran, coring dan electric log digunakan untuk menentukan nilai ekonomis dari sumur yang sedang dibor (Mitchell & Miska, 2011).

## **II.2 Sifat Fisik Lumpur Pemboran**

Agar operasi pemboran dapat berjalan secara optimal, pemantauan sifat-sifat lumpur pemboran sangatlah penting agar kegiatan pemboran dapat berjalan dengan lancar. Perencanaan casing, drilling rate, dan completion dipengaruhi oleh lumpur yang sedang digunakan saat itu. Meskipun sistem lumpur dipersiapkan secara memadai, tetapi biasanya menunjukkan adanya perubahan sifat-sifat tersebut, harus dipantau dan jika perlu dilakukan koreksi sebelum terjadi masalah yang serius. Adapun sifat-sifat fisik lumpur pemboran tersebut yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

### **II.2.1 Densitas (Mud Weight)**

Berat jenis lumpur disesuaikan dengan keadaan formasi karena lumpur berfungsi sebagai penahan tekanan formasi. Densitas lumpur yang besar akan memberikan tekanan hidrostatik yang besar pada formasi yang dibor sehingga formasi menjadi plastik dan sukar dibor. Densitas dibuat serendah mungkin untuk mendapatkan laju penembusan yang optimal dan untuk meminimalkan loss circulation serta mencegah well kick. Apabila densitas lumpur terlalu kecil, maka dapat menyebabkan fluida tersebut (gas atau minyak) menyembur dari formasi (blow out). Untuk mengatasi kondisi tersebut, perlu ditambahkan additif seperti barite dan hematite. Densitas atau berat lumpur dapat ditentukan dengan menimbang volume lumpur yang tepat dan kemudian membagi berat dengan volume. Mud Balance digunakan untuk mendapatkan volume yang tepat (M. Amin, 2013); (Caenn, 2010); (Nugrahanti, 1992).

### **II.2.2 Viskositas**

Viskositas diartikan sebagai ukuran tahanan terhadap aliran (ukuran keengganan fluida untuk mengalir) dari suatu fluida. Viskositas dari lumpur pemboran merupakan nilai resistensi atau ketidakmampuan fluida untuk mengalir bila terkena gaya (shearing stress), dimana resistensi tersebut merupakan hasil dari gaya gesekan antar molekul-molekul yang ada dalam fluida mengalir. Semakin

besar resistensi yang ada, maka semakin besar viskositas. Jika nilai viskositas makin tinggi, maka lumpur menjadi lebih kental, sehingga dapat mempengaruhi aliran saat pemboran. (IADC, 2000)

Viskositas pada lumpur bor memegang peranan dalam pengangkatan serbuk bor dari dalam sumur ke atas permukaan. Semakin kental lumpur, maka kemampuan lumpur untuk melakukan pengangkatan cutting semakin baik. Sebaliknya, jika lumpur terlalu encer atau nilai kekentalannya kecil, maka kemampuan untuk mengangkat serbuk bor menjadi kurang sempurna, sehingga dapat mengakibatkan masalah seperti stuck pipe atau rangkaian pipa bor terjepit.

Namun, viskositas lumpur yang terlalu besar juga tidak baik, karena dapat menyebabkan masalah dalam pemisahan cutting di permukaan (Zakky et al., 2019). Nilai viskositas yang diketahui dalam proses pemboran di lapangan antara lain Funnel viscosity, Apparent viscosity, Plastic viscosity, dan Effective viscosity.

Viskositas termasuk dalam sifat rheology lumpur pemboran yang mengindikasikan nilai resistansi dari aliran. Marsh – Funnel digunakan untuk menentukan nilai viskositas di lapangan (Mitchell & Miska, 2011).

### **II.2.3 Rheologi Lumpur Pemboran**

Rheology merupakan studi tentang deformasi dan aliran suatu senyawa. Dengan melakukan pengukuran terhadap fluida yang ingin digunakan, dapat diketahui karakteristik dan kemampuan fluida mengalir pada berbagai kondisi, termasuk tekanan, temperatur, dan shear rate. Dalam operasi pemboran, lumpur berfungsi untuk mengangkat dan menghantarkan cutting dari dalam lubang bor ke atas permukaan dan menahan cutting jika proses pemboran dihentikan. Maka perlu diperhatikan karakteristik dari lumpur agar kegiatan pemboran dapat berjalan dengan baik (Allawi et al., 2019; MI Swaco, 1998).

Nilai rheologi lumpur bor dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur di dalam lubang bor. Semakin dalam kegiatan pemboran dilakukan, maka nilai tekanan dan temperatur akan semakin tinggi, sehingga kualitas lumpur yang digunakan harus memenuhi ketentuan pada kondisi tersebut.

Rheologi lumpur pemboran terdiri dari Gel strength, Plastic viscosity, Yield point, dan Apparent viscosity. Alat yang digunakan di lapangan untuk menentukan rheologi lumpur adalah dengan Rotating viscometer atau Fann VG Rheometer. Nilai rheologi didapat dengan melakukan dial reading atau hasil pembacaan nilai orsi pada Fann VG Rheometer. Berikut merupakan Fann VG Rheometer yang dapat digunakan dalam melakukan penentuan rheologi lumpur pemboran.

Nilai Plastic viscosity (PV) dan Yield point (YP) digunakan untuk menghitung indikasi pressure loss pada saat melakukan sirkulasi. Apabila nilai PV menunjukkan peningkatan, maka dapat diindikasikan bahwa terjadi kesalahan pada solid control equipment (Rabia 2002). Dial reading yang dilakukan untuk menentukan nilai rheologi tersebut berdasarkan beberapa kecepatan dengan satuan RPM, yaitu 3, 6, 100, 200, 300, dan 600.

#### **II.3.4.1 Gel Strength**

Gel strength adalah kemampuan lumpur untuk menahan partikel dalam suspensi pada kondisi statis dengan waktu tertentu. Satuan yang digunakan adalah lb/100 square feet. Gel strength dapat mempengaruhi kinerja dari lumpur pemboran, seperti memberikan efek surge dan swabbing dari lumpur pemboran saat proses trapping rangkaian drill string dan untuk menentukan tekanan yang diperlukan untuk menghentikan sirkulasi.

Faktor yang mempengaruhi terbentuknya gel strength adalah karena adanya gaya tarik menarik antar partikel-partikel clay saat proses sirkulasi. Nilai gel strength lumpur pemboran harus sekecil mungkin, karena apabila terlalu besar dapat memungkinkan terjadi break down sebelum lumpur disirkulasi dan mengakibatkan lumpur masuk kedalam formasi.

Gel strength juga merupakan gambaran nilai kekentalan dari lumpur dalam keadaan statis, sehingga berhubungan dengan viskositas lumpur. Semakin besar nilai viskositas suatu lumpur, maka gel strength juga akan semakin besar. Pengukuran nilai gel strength dengan rotating viscometer atau Fann VG Rheometer dengan dua periode waktu, yaitu setelah 10 detik dan setelah 10 menit (Dr. Ir. KRT.Nur Suhascaryo et al., 2020; IADC, 2000).

#### **II.3.4.2 Plastic Viscosity (PV)**

Plastic viscosity (PV) merupakan bagian dari resistensi suatu fluida pemboran untuk mengalir yang disebabkan oleh friksi mekanik (gesekan) antara padatan dan fluida. Friksi tersebut merupakan interaksi antara partikel – partikel padatan yang ada dalam lumpur pemboran dengan cairan, dimana diukur dengan satuan centipoise. Plastic Viscosity dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar padatan, ukuran padatan, dan temperatur. PV juga merepresentasikan shear rate tinggi dari viskositas pada pahat bor (drill bit) (Suhascaryo et al., 2020; IADC, 2000).

Nilai Plastic Viscosity dapat diketahui dengan melakukan dial reading pada Fann VG Rheometer, yaitu dial reading 600 RPM dikurangi dial reading 300 RPM. Nilai PV juga dapat dipengaruhi oleh kondisi kebersihan dari alat agar mendapatkan hasil pembacaan yang akurat.

### **II.3.4.3 Yield Point (YP)**

Yield Point merupakan pengukuran dari gaya tarik-menarik antara partikel lumpur (active clay) dalam kondisi mengalir. Gaya tarik-menarik disebabkan oleh muatan yang ada di permukaan partikel yang didispersi dalam fasa fluida. Nilai YP juga digunakan untuk mengukur kapabilitas lumpur untuk melakukan hole cleaning (IADC, 2000; Rudi Rubiandini, 2009).

Yield Point juga dapat diartikan sebagai gaya elektro kimia antara padatan dan cairan yang ada dalam lumpur bor pada kondisi dinamis yang berhubungan dengan pola aliran, pengangkatan cutting, serta kehilangan tekanan di annular. Nilai yield point didapatkan dari hasil dari torsi (deal reading) pada putaran 300 RPM pada Fann VG Rheometer dikurangi PV.

### **II.3.4.4 Apparent Viscosity (AV)**

Apparent viscosity merupakan viskositas fluida non-newtonian pada nilai shear rate dan shear stress tertentu. Nilai AV didapatkan dari pembacaan rotating viscometer (dial reading) pada 300 RPM ( $\Theta 300$ ) atau pembacaan 600 RPM ( $\Theta 600$ ) lalu dibagi dua, dimana satuan yang digunakan adalah centipoise (MI Swaco, 1998).

## **II.2.4 Kadar Padatan (Solid Content)**

Serpihan padatan dari formasi (cuttings) yang bercampur dengan fluida pemboran dapat mempengaruhi kinerja fluida saat operasi pemboran. Solid content secara keseluruhan baik kecuali memperlambat kecepatan bor, juga merangsang terjadinya jepitan pipa, menaikkan berat jenis yang tidak perlu serta menyebabkan kerusakan pada formasi.

Partikel-partikel padatan yang ada menghalangi kontak antara pahat dengan batuan sehingga akan menurunkan laju pemboran. Hal tersebut dapat menambah densitas dari lumpur pemboran, sehingga tenaga yang dibutuhkan untuk memompa lumpur semakin besar. Maka dengan itu, setelah lumpur telah di sirkulasi ke permukaan, perlu dilakukan proses pembersihan untuk menghilangkan solid content tersebut (D. M. M. Amin, 2013; Rudi Rubiandini, 2009)

## **II.2.5 Filtrasi dan Mud Cake (Laju Tapisan)**

Filtration loss merupakan suatu peristiwa dimana saat fasa cair (filtrate) lumpur masuk ke dalam formasi permeable. Ketika terjadi kontak antara lumpur pemboran dengan batuan porous, maka batuan tersebut berfungsi sebagai penyaring agar fluida tidak masuk kedalam formasi tersebut. Lapisan yang menempel pada dinding lubang bor disebut filter cake atau mud cake yang merupakan fase solid dari

lumpur pemboran. Dalam perancangan lumpur, pembentukan mud cake dan filtration loss harus diperhatikan, karena jika tidak dikontrol dapat menimbulkan berbagai masalah, baik dalam proses pemboran maupun saat evaluasi formasi.

Proses filtrasi terjadi jika terdapat perbedaan tekanan ke arah batuan. Terdapat dua jenis filtrasi berdasarkan kondisi yang dihadapi, yaitu kehilangan filtrasi dinamis (dynamic filtration loss) saat fluida pemboran sedang disirkulasikan dan kehilangan filtrasi dinamis (dynamic filtration loss) saat fluida dalam kondisi diam. Pada saat lumpur di sirkulasi, aliran lumpur yang dekat dengan formasi dapat mengikis mud cake. Jika tebal mud cake mencapai kesetimbangan maka kecepatan kehilangan filtratnya konstan. Sebaliknya pada kondisi diam, mud cake akan terus menebal sehingga kecepatan fluida semakin berkurang. Berikut merupakan contoh Filtres Press untuk mengetahui filtration loss dan mud cake lumpur pemboran.

### **II.2.6 pH**

pH merupakan salah satu sifat kimia lumpur pemboran yang merupakan parameter penting. Lumpur pemboran dirancang harus memiliki sifat yang alkaline atau dimana pH lebih dari 7. Kadar pH lumpur pemboran dapat mempengaruhi nilai viskositas, dimana jika nilai pH terlalu besar, viskositas juga dapat berubah sehingga lumpur menjadi kurang baik untuk digunakan.

Diketahui nilai pH dengan range 8.5 sampai 9.5 baik digunakan untuk meminimalisir shale dan menstabilkan lubang bor. Korosi pada rangkaian drill string terjadi karena adanya reaksi dengan fluida yang bersifat acidic (asam). Oleh karena itu, dibutuhkan fluida dengan kadar pH tinggi untuk melapisi rangkaian pipa bor dan casing.

Kadar pH lumpur pemboran dapat diketahui dari proses pengujian filtration loss control, dimana setelah air yang terdapat di lumpur pemboran terekstrasi, maka di uji dengan kertas lakmus atau kertas penguji pH (Baker & Hughes INTEQ Inc., 1995).

### **II.3 Komponen Lumpur Pemboran**

Komponen atau fasa dari lumpur pemboran tergantung dari kondisi operasi pemboran. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertimbangan tersebut antara lain keekonomisan, jenis air yang tersedia di lapangan tersebut, kontaminasi, tekanan, serta temperatur berdampak dalam menentukan jenis lumpur yang akan digunakan (Agung & Hamid, 2015).

Secara umum lumpur pemboran terbagi menjadi empat komponen penting (Rubi Rubiandini, 2010) yaitu: (Rubi Rubiandini, 2010).

1. Fasa cair (air atau minyak).
2. Reactive Solids (padatan yang bereaksi dengan air membentuk koloid).
3. Inert Solids (zat padat yang tidak bereaksi).
4. Fasa kimia (additive).

Untuk mendapatkan lumpur yang sesuai dengan kondisi pada operasi pemboran dan keadaan formasi, maka keempat komponen tersebut harus diperhatikan agar lumpur dapat terbentuk dengan baik.

### **II.3.1 Fasa Cair**

Zat cair dari lumpur pemboran merupakan komponen dasar yang dapat berupa air atau minyak ataupun keduanya yang disebut dengan emulsi. Emulsi terdiri dari dua jenis, yaitu emulsi minyak didalam air atau emulsi air di dalam minyak (Suhascaryo et al., 2020).

#### **II.3.1.1 Air (Brine)**

Fasa air dapat terbagi menjadi dua, yaitu air tawar dan air asin. Diketahui sekitar 75% dari lumpur pemboran menggunakan air. Air asin dapat dibagi menjadi dua, yaitu air asin jenuh dan air asin tidak jenuh. Pemilihan jenis air yang akan digunakan berdasarkan lokasi sumur, dimana disesuaikan dengan formasi yang akan ditembus (Rudi Rubiandini, 2009).

#### **II.3.1.2 Emulsion**

Invert emulsion merupakan pencampuran minyak dengan air dengan indikasi komposisi minyak sebesar 50 – 70%, dimana berfungsi sebagai komponen kontinyu, dan air sebesar 30 – 50% sebagai komponen diskontinyu. Lumpur invert emulsion menggunakan Sodium Klorida (NaCl) atau Kalsium Klorida (CaCl<sub>2</sub>). Emulsi terbagi menjadi dua macam, yaitu Oil in Water Emulsion dan Water in Oil Emulsion (Suhascaryo et al., 2020).

### **II.3.2 Reactive Solids**

Reactive solids merupakan padatan yang bereaksi dengan zat cair lumpur untuk membentuk kolodial. Clay air tawar seperti bentonite akan menghisap (absorp) air tawar dan membentuk lumpur. Bentonite merupakan salah satu material yang digunakan untuk membentuk lumpur pemboran, dimana bila bercampur dengan air dapat terdispersi dan juga menyerap air sehingga membentuk koloid (tersuspensi) dan terjadi swelling atau volumenya bertambah. Untuk salt water clay (attapulgite),

swelling akan terjadi baik pada air tawar ataupun air asin. Bentonite ataupun attapulgitite dapat memberikan efek kenaikan viskositas pada lumpur pemboran. (Suhascaryo et al., 2020; Rudi Rubiandini, 2009).

Dalam kondisi temperatur rendah, daya tahan lumpur untuk menahan padatan tergolong baik. Namun saat temperatur meningkat, reactive solids dapat menyatu dan menggumpal (floculate) sehingga membentuk gel, sehingga lumpur mengetal, menghasilkan viskositas tinggi hingga dapat menyebabkan solidification (lumpur mengeras) (MI Swaco, 1998).

### **II.3.3 Inert Solids**

Inert solids atau padatan yang tidak bereaksi dengan lumpur, biasanya dengan menambahkan jenis bahan Barite ( $BaSO_4$ ) ataupun galena atau biji besi yang digunakan untuk menaikkan densitas. Inert solids ini dapat juga berasal dari formasi yang dibor dan terbawa lumpur seperti chert, sand atau clay – clay non swelling, dan padatan – padatan seperti bukan disengaja untuk menaikkan densitas lumpur dan perlu dibuang secepat mungkin karena dapat menyebabkan abrasi dan kerusakan pada pompa, dll. (Rudi Rubiandini, 2009).

### **II.3.4 Fasa Kimiawi (Additive)**

Zat kimiawi (additive) merupakan bagian dari sistem untuk mengontrol sifat–sifat lumpur pemboran. Additive berupa bahan kimia dan mineral yang dibutuhkan untuk membentuk karakteristik pada lumpur pemboran. Zat – zat kimia tersebut akan bereaksi dan mempengaruhi lingkungan formasi pemboran, maka pemilihan jenis bahan yang digunakan harus yang ramah lingkungan agar tidak mencemari daerah pemboran (Rubi Rubiandini, 2010).

## **II.4 High Performance Water – Based Mud**

Jenis lumpur yang banyak digunakan dalam operasi pemboran berbahan dasar air (Water – Based Mud). Water – based fluids banyak digunakan dalam operasi pemboran karena harganya lebih efektif, ramah lingkungan, dan dapat digunakan untuk menghindari terjadinya masalah dalam kegiatan pemboran. Base fluid atau fluida dasar yang digunakan biasanya fresh water, saltwater, brine, atau saturated brine. Menurut bahan dasar yang digunakan, water – based mud (WBM) dapat dibagi menjadi tiga subklasifikasi, yaitu Inhibitive, Non-inhibitive, dan Polymer (Mitchell & Miska, 2011).

### **a. Inhibitive**

Baik digunakan untuk menembus formasi yang mudah terjadi swelling, dimana dapat diatasi dengan menambah senyawa kation ( $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , atau  $\text{K}^{+}$ ).

### **b. Non-inhibitive**

Digunakan sebagai spud mud. Dapat diaplikasikan pada formasi yang tidak terdapat swelling. Sistem ini biasanya menggunakan formulasi bentonite dengan menambah jenis garam seperti caustic soda atau lime dan menambah deflocculants seperti lignite, lignosulfonate, atau phosphate.

### **c. Polymer**

Polymer ditambahkan kedalam lumpur pemboran bertujuan untuk menambah viskositas (mengentalkan), sebagai filtration loss control, bahan deflocculant, menjaga kestabilan pada temperatur tinggi, dan khususnya untuk encapsulate solids/cutting (Amoco, 1994).

High Performance Water-Based Mud (HPWBM) merupakan jenis system lumpur berbahan dasar air yang dapat memberikan hasil performa yang tinggi. Dibandingkan dengan lumpur WBM konvensional, HPWBM diformulasikan dengan berbagai additif untuk mencapai sasaran pemboran, dimana dapat meningkatkan rate of penetration (ROP), menjaga stabilitas shale yang tinggi, menghindari terjadinya bit balling, mengurangi torsi dan drag, inhibisi padatan dan serpihan bor, serta ramah lingkungan.

Diketahui bahwa semakin kecil konsentrasi padatan pada fluida pemboran (WBM), maka kecepatan ROP akan semakin tinggi. Jika konsentrasi padatan pada lumpur sedikit, maka dapat menurunkan nilai plastic viscosity (PV). Additif yang digunakan pada HPWBM, seperti polyamine dapat berfungsi untuk encapsulate cutting dengan baik dan dialirkan ke permukaan (West & Morales, 2005).

Sistem lumpur HPWBM mampu mengatasi swelling karena menggunakan polyamine yang tergolong quarternary ammonium salt yang dapat mencegah penyerapan air dalam shale dan clay dan mencegah terjadinya penyebaran (non-dispersion). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kandungan polyetherdiamines dalam polyamine dapat memperkuat ikatan clay sehingga mengurangi penyerapan air berlebih pada shale. Selain itu, polyamine juga berfungsi sebagai shale inhibitor, shale encapsulator, dan rheology modifier (Patel et al., 2007; Zhong et al., 2014).

Polyamine dikategorikan sebagai surfactant, dimana mengalami proses osmotic pressure yang mempertahankan tekanan yang dibutuhkan untuk mempertahankan kesetimbangan osmotik antara air dengan lumpur ber kandungan polyamine dengan air formasi. Campuran polymer pada komposisi lumpur ini dapat digunakan pada temperatur tinggi mulai dari 300°F (Putra et al., 2016).

## **II.5 Additive Lumpur Pemboran**

Telah diketahui bahwa keberhasilan suatu kegiatan pemboran sangat dipengaruhi oleh lumpur yang digunakan. Maka kualitas lumpur yang digunakan harus sangat baik dengan berkontribusi additif berkualitas agar tidak merusak formasi yang ada dalam sumur. Perlu diperhatikan sifat – sifat fisik dan kimiawi lumpur pemboran (Rudi Rubiandini, 2009).

Dalam merancang lumpur pemboran, diperlukan banyak bahan kimiawi yang dicampurkan dengan fungsi tertentu sesuai dengan kebutuhan operasi pemboran. Bahan additive yang digunakan dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

### **II.6.1 Bahan Pemberat (Weighting Material Agents)**

Material pemberat merupakan bahan – bahan yang mempunyai specific gravity tinggi yang ditambahkan kedalam fluida pemboran untuk menaikkan densitas fluida. Materi pemberat (weighting material agents) ditambahkan kedalam lumpur pemboran untuk mengontrol tekanan formasi. Bahan pemberat yang digunakan tidak yang bereaksi dengan fasa kontinyu lumpur dan bukan merupakan material yang abrasive. Contoh bahan yang digunakan sebagai pemberat antara lain Barite, Galena, dan Calcium Carbonate (Rudi Rubiandini, 2009).

### **II.6.2 Viscosifier**

Viscosifier merupakan jenis additive yang berfungsi untuk meningkatkan viskositas (bahan pengental) dan untuk menurunkan fluid loss. Viskositas dapat terlihat bertambah jika resistansi aliran fluida semakin bertambah. Ada beberapa macam bahan yang bisa digunakan sebagai viscosifier, yaitu Wyoming Bentonite, Geltone, Attapulgate, Asbestos, Polymer, dan Lime atau Semen (Suhascaryo et al., 2020).

### **II.6.3 Bahan Pengencer (Thinner)**

Thinner merupakan senyawa kimiawi yang berfungsi untuk menurunkan viskositas lumpur pemboran. Viskositas dapat dihubungkan dengan semua konsentrasi padatan atau interaksi antar partikel padatan. Setiap senyawa yang efektif dapat mengurangi viskositas fluida. Bahan pengencer tersebut kemudian menyambungkan dirinya dengan plat – plat clay, sehingga dapat menahan gaya tarik antar lembaran clay. Prinsip utama thinner adalah berfungsi sebagai deflocculant (pengencer) dimana dapat mengatasi adanya partikel – partikel padatan (clay) yang menggumpal. Beberapa bahan yang digunakan sebagai thinner seperti Phosphate, Lignite, Lignosulfonate, Tannate, Surfactant, dan Air (IADC, 2000).

#### **II.6.4 Filtration Loss Control (Laju Tapisan)**

Materi fluid loss control berfungsi untuk menjaga integritas lubang, melindungi shale yang sensitif terhadap air, dan meminimalkan hole washout untuk mencapai casing cement job yang lebih baik. Selain itu, dengan meminimalkan fluid loss dalam formasi produktif, lumpur dapat mengurangi problem analisa log dan meminimalkan kerusakan formasi yang dapat menurunkan produksi.

Pada umumnya additif yang digunakan sebagai filtration loss control digunakan bersamaan dengan bentonite, sementara sebagian kecil dapat digunakan secara terpisah pada setiap kandungan clay dalam lumpur. Contoh bahan yang digunakan sebagai filtration loss control agents antara lain Polyanionic Cellulose (PAC), Modified Starch, Sodium Carboxymethyl Cellulose, Sodium Carboxymethylcellulose (CMC), X-C Polymer, Bentonite, dan Dispersant (Suhascaryo et al., 2020).

#### **II.6.5 Pengatur pH (pH Controls)**

Penambahan bahan-bahan yang berfungsi untuk merubah pH sangat diperlukan, karena beberapa additif memiliki nilai pH yang rendah dan pengoperasian optimum range pH sistem lumpur. Pada umumnya additive secara alamiah bersifat asam, maka sebaiknya pH yang terlalu rendah harus dinaikan.

Pengaturan pH harus ditangani secara hati-hati, dengan menggunakan chemical barrel. Tidak menggunakan hopper atau dump secara langsung ke dalam sistem. Secara umum, ada tiga macam pH adjuster, yaitu Sodium Hydroxide (Caustic Soda), Potassium Hydroxide, dan Calcium Hydroxide. Sodium Hydroxide adalah merupakan pH adjuster yang umum digunakan, sedangkan yang lainnya biasanya digunakan untuk tujuan khusus (Suhascaryo et al., 2020).

#### **II.6.6 Emulsifier**

Emulsi adalah suatu sistem campuran dua fasa yang terdiri dari butiran minyak dalam air atau butiran air dalam minyak. Di sekeliling cairan disebut sebagai fasa kontinyu. Jika fasa minyak dan air relative murni, maka butiran-butiran tersebut akan bergabung dan membentuk lapisan pemisah pada saat pengadukan dihentikan. Emulsifier memungkinkan terjadinya dispersi mekanis dari dua macam fluida yang saling bercampur, membentuk fasa internal dan eksternal, dan secara kimiawi membentuk emulsi yang stabil (Suhascaryo et al., 2020).

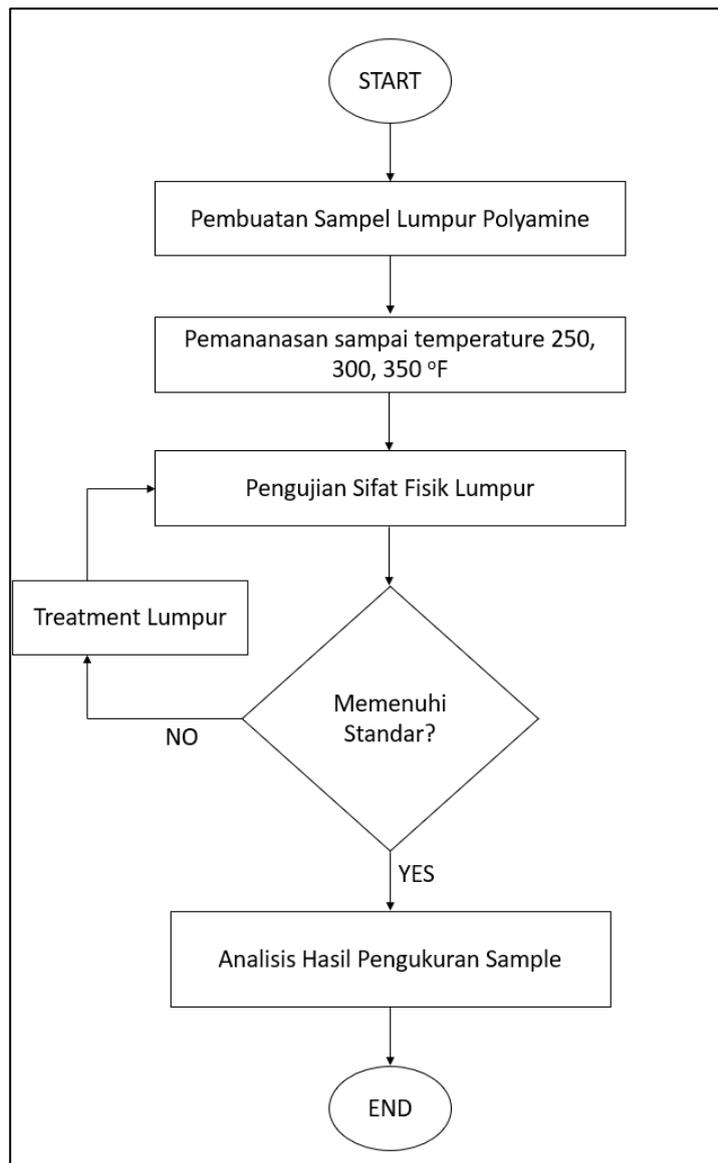
## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan dalam waktu 6-8 bulan mulai dari rencana persiapan pelaksanaan – hingga penguumpulan laporan akhir beserta luarannya. Tempat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti.

### 3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah penggabungan antara penelitian eskperimental skala laboratorium dan penelitian analitik untuk menguji hasil data lab tersebut untuk dianalisis apakah hasil pada pembuatan sample penelitian tersebut dapat diaplikasi pada suatu lapangan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan melakukan pemanasan sampel pada suhu 250, 300, dan 350°F. Pemanasan sampel lumpur akan menggunakan alat hot roller, dimana sampel dimasukkan ke dalam roller selama 16 jam. Setelah di hot roll, selanjutnya akan dilakukan pengujian sifat fisik lumpur, yaitu pengujian desnistas atau Mud Weight dengan Mud Balance, viskositas dengan Marsh Funnel, rheologi lumpur dengan Fann VG Rheometer, serta Filtration Loss, Mud Cake, dan pH dengan Filter Press yang menggunakan kertas Whattman sebagai kertas penyaring. Komposisi bahan yang digunakan akan dicampur dengan menggunakan mixer untung mixing. Dalam proses pengujian, terdapat data – data variabel yang dibutuhkan untuk melakukan mendukung perhitungan, yaitu densitas lumpur bor, specific gravity, Plastic Viscosity (PV), Yield Point (YP), Gel Strength, dan dial reading viscometer. Penelitian ini akan melihat hasil pengukuran sifat fisik lumpur pemboran polyamine berupa densitas, viskositas, rheology, filtration loss, mud cake, dan pH sehingga dapat diketahui penggunaan lumpur pemboran polyamine efektif atau tidak.

### **3.3. Metode Analisis**

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini ada menguji komposisi pada lumpur polyamine untuk diuji sifat fisik-nya sehingga dapat diketahui penggunaan lumpur pemboran polyamine efektif atau tidak.

### **3.4. Indikator Capaian Penelitian**

Indikator capaian yang akan dilakukan pada penelitian analisis penggunaan lumpur polyamine terhadap sifat fisik lumpur pemboran adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai densitas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine.
2. Mengetahui nilai viskositas yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine.
3. Mengetahui nilai rheologi yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine.
4. Mengetahui hasil filtration loss dan mud cake yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine.
5. Mengetahui pH yang dihasilkan oleh lumpur Polyamine.
6. Mengetahui sifat-sifat fisik lumpur pemboran yang dihasilkan oleh lumpur polyamine sesuai dengan standar atau tidak.
7. Mengetahui apakah lumpur polyamine dapat digunakan sebagai lumpur pemboran berdasarkan sifat fisik yang dimilikinya atau tidak.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari penelitian mengenai penggunaan lumpur polyamine pada temperatur tinggi (250, 300, 350°F). Parameter-parameter pengujian antara lain adalah sifat fisik lumpur pemboran, yaitu densitas (mud weight), viskositas, rheologi lumpur (plastic viscosity, yield point, dan gel strength), filtration loss, mud cake, dan pH. Hasil yang dari pengujian sampel adalah diharapkan karakteristik sifat fisik lumpur dapat memenuhi spesifikasi pada temperatur tinggi. Dengan semakin dalam sumur yang di bor, maka temperatur yang ada dalam formasi juga akan semakin tinggi, maka perlu memperhatikan sifat fisik lumpur agar dapat mengakomodasi kebutuhan yang diperlukan.

Komposisi kedua sampel lumpur disamakan, dimana terlihat pada Tabel 1 dengan menggunakan jumlah aditif yang sama pada setiap suhu. Komposisi tersebut digunakan pada suhu 250, 300, dan 350 °F. Hal tersebut bertujuan untuk membandingkan efektivitas tiap sampel lumpur terhadap kenaikan suhu dengan mengamati sifat fisik lumpur tersebut dan menyesuaikan pada spesifikasi yang dibutuhkan. Sistem lumpur HPWBM (High Performance Water Based Mud) merupakan lumpur yang memiliki kemampuan untuk menanggulangi masalah tertentu serta memiliki sifat ramah lingkungan dengan berbahan dasar air. Jenis lumpur HPWBM yang akan diuji yaitu lumpur polyamine.

Bahan dasar yang digunakan untuk merancang kedua jenis lumpur tersebut terdiri dari fresh water (air), KOH bentonite, PF-PAC LV, PHPA, XCD, barite, dan lignosulfonate. Fungsi dari tiap aditif tersebut antara lain, fresh water sebagai bahan dasar lumpur, KOH untuk mengontrol pH lumpur, bentonite untuk sebagai bahan viscosifier atau meningkatkan viskositas awal lumpur, PF-PAC LV sebagai viscosifier serta fluid loss control, PHPA sebagai viscosifier yang dapat digunakan pada temperatur tinggi serta encapsulate shale, XCD sebagai rheology modifier, barite sebagai bahan pemberat lumpur, dan lignosulfonate sebagai thinner.

Sampel lumpur akan dipanaskan dengan menggunakan hot roller dengan tujuan agar panas dari dalam oven dapat terakumulasi secara merata ke dalam lumpur. Pemanasan dilakukan kurang lebih 16 jam, setelah itu akan dilakukan pengujian sifat fisik dari sampel lumpur tersebut dengan menggunakan mud balance, marsh funnel, Fann VG Rheometer, dan filter press. Penelitian berawal dari pembuatan sampel lumpur dengan cara mencampur bahan-bahan dengan menggunakan mixer. Komposisi sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Sample Lumpur Polyamine

Bahan	SG	Weight (gram)	Volume (ml)	%Vol (350 ml)
Fresh Water	1	326,6	326.6	92,85
KOH	2,13	1	0,47	0,13
Bentonite	2,6	6	1,94	0,55
PF-PAC LV	1,55	3	1,4	0,39
XCD	1,4	1,5	1,07	0,31
PHPA	1,1	5	4,55	1,3
Polyamine	1,16	5	4,31	1,23
Barite	4,2	30	7,14	2,04
Lignosulfonate	1,24	2	1,61	0,46
Total		380	350	100

### 4.1 Densitas (Mud Weight)

Mud weight atau densitas merupakan salah satu sifat fisik lumpur pemboran yang memiliki fungsi untuk mengontrol tekanan formasi, dimana semakin besar densitas lumpur, maka tekanan yang

dihasilkan juga akan semakin besar. Densitas lumpur diketahui agar dapat memberikan tekanan hidrostatik yang cukup untuk mencegah masuknya fluida formasi ke dalam lubang bor dan mencegah terjadinya semburan liar (kick). Sebaliknya jika tekanan hidrostatik terlalu besar dapat menyebabkan formasi pecah dan lumpur dapat masuk ke dalam formasi (loss circulation) (Satiyawira, 2019). Agar operasi pengeboran dapat terlaksana dengan aman dan berlangsung dengan baik, maka harus disesuaikan dengan keadaan formasi dan kedalaman yang akan di bor

Tabel 2. Hasil Pengukuran Densitas Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Weight (ppg)
250	9-9,5	9
300	9,5-10	8,8
350	10-10,5	8,7

Pengukuran densitas lumpur dilakukan dengan menggunakan mud balance. Jika meperhatikan hasil pada Tabel 2, terlihat bahwa hasil pengukuran lumpur belum memenuhi kebutuhan pada spesifikasi tersebut. Sampel lumpur polyamine pada suhu 250 °F telah memasuki spek yang dibutuhkan yaitu 9 ppg, namun terjadi penurunan pada temperatur 300 dan 350 °F yaitu 8,8 ppg dan 8,7 ppg. Jika hal tersebut dibiarkan, dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan lumpur untuk menahan tekanan formasi. Secara teoritis, semakin dalam sumur di bor, maka tekanan dari bawah permukaan akan semakin besar, maka diperlukan berat lumpur yang dapat menunjang tekanan tersebut agar dapat menyeibangkan tekanan formasi. Jika tekanan hidrostatik yang diberikan lebih kecil dari tekanan formasi atau tidak gagal untuk menahan tekanan dari fomasi, maka dapat menyebabkan terjadinya berbagai masalah, terutama kick.

Agar nilai densitas dapat memenuhi spesifikasi, perlu dilakukan treatment dengan menambahkan jumlah aditif lumpur pemberat. Untuk mengatasi masalah sagging, lama waktu mixing ditambah agar padatan dapat tercampur secara merata dalam lumpur dimana cairan dan padatan dapat saling mengikat dengan baik. Untuk sampel suhu 300 °F, konsentrasi barite pada sampel polyamine ditambah 10 gram sehingga menjadi 40 gram dan di mixing selama 7 menit dengan kecepatan high. Lignosulfonate ditambah menjadi 4 gram dan mixing selama 5 menit dengan kecepatan low. Penambahan lignosulfonate dikarenakan konsistensi lumpur sebelum dipanaskan dengan hot roll sangat kental, sehingga memerlukan thinner untuk mengencerkan lumpur.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Densitas Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Weight (ppg)
250	9-9,5	9
300	9,5-10	9,5
350	10-10,5	10,1

Dengan dilakukannya treatment penambahan barite, terlihat adanya peningkatan yang baik dan memenuhi spesifikasi.

#### 4.2 Viskositas

Viskositas lumpur bor menyatakan nilai kekentalan dari lumpur tersebut, dimana memegang peranan dalam proses pengangkatan serbuk bor (cutting) ke atas permukaan. Semakin kental lumpur atau semakin tinggi nilai viskositas lumpur, maka pengangkatan cutting akan berjalan kurang sempurna, dimana dapat mengakibatkan susa cutting tertinggal didalam lubang bor hingga terjadi stuck pipe (pipa terjepit). Lumpur pemboran merupakan jenis fluida non-Newtonian, yaitu merupakan fluida

yang memiliki viskositas yang tidak konstan, sedangkan sangat bergantung dengan besarnya gaya geseran (shear rate) dan gaya tekanan (shear stress) yang terjadi. Pengukuran viskositas yang dilakukan menggunakan marsh funnel dengan memperhatikan waktu fluida mengalir dalam detik yang dibutuhkan lumpur sebanyak 0,9463 liter (1 quartz) keluar dari corong. (Rubi Rubiandini, 2010). Viskositas fluida pemboran termasuk dalam fungsi dari beberapa faktor, antara lain viskositas fasa cair, volume padatan dalam lumpur, volume fluida yang terdispersi (emulsi), jumlah partikel per satuan lumpur, bentuk partikel padatan, serta gaya Tarik atau gaya tolak antara partikel – partikel padat dan fasa padat dengan fasa fluida. (Arif et al., 2001). Dari hasil pengamatan sampel dengan menggunakan marsh funnel, didapat hasil nilai viskositas dalam satuan sec/qt (seconds per quartz).

Tabel 4. Hasil Pengukuran Viscositas Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Viscositas (sec/qt)
250	<60	45
300	<60	22
350	<60	10

Dari pengamatan sebelumnya mengenai denistas, nilai yang didapat juga semakin kecil karena suhu pemanasan semakin tinggi, sehingga menyebabkan terjadinya efek sagging. Karena adanya efek sagging, menyebabkan padatan yang ada dalam lumpur teremulsi atau tidak dapat menyatu kedalam lumpur. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, dilakukan treatment penambahan aditif viscosifier untuk meningkatkan nilai viskositas dapat memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Sampel kemudian dilakukan treatment penambahan 1 gram bentonite untuk suhu 300 °F sebagai penambah viskositas awal lumpur serta 0,5 gram XCD sebagai rheology modifier lumpur. Untuk suhu 350 °F, sampel polyamine dilakukan penambahan 2 gram bentonite, 1 gram XCD, dan 2,5-gram PHPA.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Viscositas Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	Viscositas (sec/qt)
250	<60	45
300	<60	51
350	<60	60

Setelah dilakukan treatment, terjadi kenaikan nilai viskositas lumpur polyamine dan viskositas sudah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan pada temperatur tersebut. Dalam proses mixing bahan aditif sebelum di hot roller, viskoistas sebelum dipanaskan harus diperhatikan dan dijaga agar tidak terlalu kental atau terlalu lengket pada wadah.

### 4.3 Rheologi

Sifat rheologi lumpur pemboran penting untuk diketahui karena berpengaruh pada efektivitas pengangkatan cutting. Sifat gel yang ada dalam lumpur bor berpengaruh pada proses round trip sehingga menjadi indicator dari baik atau tidaknya kualitas suatu lumpur bor (Rubi Rubiandini, 2010). Sifat rheologi lumpur pemboran dapat dibagi menjadi beberapa istilah, yaitu plastic viscosity (PV), yield point (YP), dan gel strength. Pengukuran nilai rheologi lumpur polyamine dilakukan dengan menggunakan Fann VG Rheometer yang ada pada laboratorium. Pengukuran dilakukan dengan melakukan dial reading pada kecepatan 300 dan 600 RPM.

#### 4.3.1 Plastic Viscosity

Plastic viscosity (PV) digambarkan sebagai resistensi lumpur untuk mengalir yang disebabkan oleh friksi mekanik atau adanya gaya gesekan antara padatan yang ada didalam lumpur dan padatan dengan fluida lumpur bor. Nilai PV yang didapat menunjukkan kenaikan gesekan padatan yang disebabkan oleh bertambahnya konsentrasi padatan (Jiasita et al., 2016). Plastic viscosity didapat dari pembacaan dial reading pada Fann VG Rheometer, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai plastic viscosity dengan menggunakan rumus pengurangan dial reading 600 RPM dengan 300 RPM.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Plastic Viscosity Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	PV (cp)
250	<20	28,5
300	<20	19
350	<20	7

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan plastic viscosity sampel lumpur polyamine, didapatkan hasil yang menurun dengan semakin tinggi temperatur. Melihat dari hasil analisa densitas dan viskositas, karena semakin tinggi temperatur pemanasan lumpur, menyebabkan semakin kecil viskositas atau semakin encer fluida lumpur serta berkurangnya padatan yang ada dalam lumpur karena terdispersi dan efek sagging, sehingga dapat menurunkan nilai PV.

Meskipun spesifikasi PV yang dihasilkan kurang dari 20 cp, namun jika nilai plastic viscosity kecil maka dapat mempengaruhi yield point. Di bawah ini merupakan hasil pengukuran plastic viscosity lumpur polyamine setelah melakukan treatment penambahan aditif XCD sebagai rheology modifier.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Plastic Viscosity Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	PV (cp)
250	<20	28,5
300	<20	35
350	<20	47

Untuk meningkatkan nilai PV, dilakukan treatment penambahan XCD yang berfungsi sebagai rheology modifier. Penambahan jumlah bahan XCD dan PHPA sama saat treatment untuk meningkatkan nilai viskositas. Treatment sampel polyamine dengan menambahkan 1 gram bentonite untuk suhu 300 °F sebagai penambah viskositas awal lumpur serta 0,5 gram XCD sebagai rheology modifier lumpur. Untuk suhu 350 °F, sampel polyamine dilakukan penambahan 2 gram bentonite, 1 gram XCD, dan 2,5-gram PHPA. Setelah dilakukan treatment terlihat adanya peningkatan nilai PV dari awalnya pada suhu 300 °F dari 19 cp menjadi 35 cp. Juga pada suhu 350 °F dari 7 cp menjadi 47 cp. Peningkatan nilai PV tersebut juga dengan menambah lama waktu mixing dari bentonite, XCD, PHPA, dan barite untuk meningkatkan densitas.

#### 4.3.2 Yield Point

Yield point (YP) merupakan bagian dari resistensi gaya tarik-menarik antar partikel yang terdispersi dalam fasa fluida. Gel strength dan yield point merupakan ukuran gaya tarik-menarik antar partikel, dimana yield point pada keadaan dinamik (bergerak). YP merupakan indikator untuk melihat kapabilitas lumpur untuk melakukan hole cleaning saat proses sirkulasi berlangsung. (Rubi Rubiandini, 2010). Perhitungan untuk menentukan nilai YP adalah pengurangan antara nilai PV dengan dial reading pada kecepatan 300 RPM. Nilai minimum dari shear stress yang harus didapat sebelum fluida bergerak dan YP adalah sifat dinamis (Sukmanugraha, 2021). Nilai YP diketahui karena

diperlukan untuk perhitungan hidrolika lumpur dimana dapat mempengaruhi hilangnya tekanan saat lumpur sedang di sirkulasi.

Diketahui kecilnya gaya ikatan antara padatan dan fluida yang dapat menyebabkan berkurangnya nilai yield point. Jika nilai YP terlalu kecil dapat berpengaruh pada tenaga atau tekanan yang diberikan dari pompa untuk menyalurkan lumpur naik keatas permukaan. Besarnya nilai yield point menunjukkan besarnya tekanan minimal yang diperlukan untuk mengalirkan lumpur saat melakukan sirkulasi (Raharja et al., 2018). Jika ikatan antara padatan (cutting) dengan lumpur kurang baik, maka tenaga yang diberikan pompa akan terlalu berat dan dapat meninggalkan serpihan bor dalam lubang bor atau tidak terbawa keatas permukaan.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Yield Point Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	YP (lb/100 ft <sup>2</sup> )
250	15-20	23
300	20-25	14
350	25-30	3,5

Dari hasil yang didapat, nilai YP belum memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan. Karena nilai PV yang didapat kecil, maka nilai YP yang didapat juga kecil. Yield point merupakan bagian dari resistensi untuk mengalir oleh gaya tarik-menarik antar partikel dengan gaya dinamik (mengalir) (Saputra, 2021), sehingga YP sangat berpengaruh dari nilai viskositas lumpur. Karena viskositas yang didapat semakin kecil dengan semakin tinggi temperatur pengujian, dapat dikatakan bahwa hal tersebut dapat menyebabkan berkurangnya nilai YP.

Untuk meningkatkan nilai yield point, dilakukan treatment penambahan aditif rheology modifier, yaitu XCD dan PHPA serta menambah waktu pencampuran atau mixing yang lebih lama agar partikel padatan yang ada dalam lumpur dapat saling mengikat dengan baik. Penambahan bahan pada kedua sampel sama dengan bahan treatment viskositas dan plastic viscosity.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Yield Point Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	YP (lb/100 ft <sup>2</sup> )
250	15-20	23
300	20-25	25
350	25-30	29

Nilai yield point yang diperoleh setelah melaksanakan treatment menunjukkan adanya peningkatan yang besar. Diketahui setelah dilakukan mixing atau pencampuran bahan yang lebih lama, padatan yang ada dalam lumpur dapat saling mengikat dengan baik. Perlu diperhatikan juga saat melakukan mixing agar tidak timbul busa yang berlebih. Terlihat bahwa munculnya busa atau foam saat melakukan proses mixing, sehingga dapat menambahkan sedikit demi sedikit defoamer saat melakukan mixing.

### 4.3.3 Gel Strength

Gel strength merupakan sifat gel atau daya tahan agar yang diketahui dalam lumpur pemboran sebagai ukuran gaya tarik-menarik antara padatan lumpur dengan cairan untuk menahan cutting pada saat keadaan statik (diam) agar tidak turun kembali ke bawah (kedalam sumur). Statik dalam hal ini berarti saat kegiatan pemboran diberhentikan. Lumpur yang tidak memiliki sifat gel strength yang baik

dapat menyebabkan penumpukan cutting dibawah sumur dan jika gel strength terlalu besar akan mengakibatkan daya yang disalurkan oleh pompa untuk mensirkulasi lumpur ke permukaan menjadi terlalu berat. Jika dibiarkan akan berakibat pada kinerja pompa dan dapat merusak pompa.

Nilai gel strength diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan Fann VG Rheometer selama 10 detik dan 10 menit dalam 100 lb/ft<sup>2</sup>. Lama pengukuran tersebut merupakan standard yang telah ditetapkan, yaitu 10 detik tepat setelah sirkulasi lumpur dihentikan atau pada kondisi statis saat pemboran dan 10 menit pada kondisi dinamis (Ginting, 2018). Pembacaan dial reading dilakukan dengan memutar Fann VG pada kecepatan 600 RPM selama 10 detik lalu dimatikan selama 10 detik pertama dan selanjutnya dinyalakan kembali pada kecepatan 3 RPM. Saat Fann VG dinyalakan kembali akan menunjukkan simpangan skala terjauh yang diakibatkan oleh gaya rotor pada kecepatan 3 RPM. Nilai simpangan terjauh tersebut merupakan nilai gel strength pada 10 detik dengan satuan 100 lb/ft<sup>2</sup>. Hal tersebut dilakukan kembali selama 10 menit.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Detik Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Gel Strength 10 sec (lb/100ft <sup>2</sup> )
250	5-10	6
300	5-10	5
350	5-10	4

Pengamatan yang dilakukan selama 10 detik dapat diketahui bahwa dipengaruhi oleh viskositas lumpur yang semakin cair atau semakin kecil saat suhu pemanasan semakin tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan lumpur tidak dapat menahan serbuk bor (cutting) saat proses pemboran. Selain itu juga dapat disebabkan oleh kecepatan pembacaan dial reading pada kecepatan 3 RPM, dimana putaran rotary sleeve yang pelan, menyebabkan hasil pembacaan yang kecil.

Tabel 11. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Menit Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Gel Strength 10 min (lb/100ft <sup>2</sup> )
250	10-20	10
300	10-20	8
350	10-20	5

Pembacaan dial reading selama 10 menit juga mengalami penurunan yang diketahui dapat disebabkan oleh viskositas yang kecil atau lumpur semakin cair. Melihat dari perbandingan nilai gel strength selama 10 detik dan 10 menit, terlihat bahwa gel strength pada 10 menit mengalami penurunan yang lebih signifikan. Diketahui saat melakukan pengamatan, saat lumpur di diamkan selama 10 menit, padatan yang ada dalam lumpur memisah dan turun ke dasar fluida. Hal tersebut dapat mempengaruhi kemampuan fluida untuk menahan cutting dalam kondisi statis atau dalam keadaan diam.

Untuk meningkatkan nilai gel strength perlu dilakukan treatment dengan menambah aditif rheology modifier kedalam lumpur. Aditif yang ditambahkan sesuai dengan dengan yang sebelumnya untuk PV dan YP, yaitu bentonite, XCD, dan PHPA.

Tabel 12. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Detik Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	Gel Strength 10 sec (lb/100ft <sup>2</sup> )
250	5-10	6
300	5-10	7
350	5-10	9

Tabel 13. Hasil Pengukuran Gel Strength 10 Menit Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	Gel Strength 10 min (lb/100ft <sup>2</sup> )
250	10-20	10
300	10-20	14
350	10-20	16

Setelah dilakukan treatment dengan menambahkan aditif bentonite, XCD, dan PHPA, terjadi peningkatan nilai gel strength pada temperatur 300 °F dan 350 °F. Dengan adanya penambahan bentonite dan PHPA serta dilakukan mixing atau pencampuran bahan yang bertahap sehingga adanya peningkatan viskositas.

#### 4.4 Filtration Loss dan Mud Cake

Proses hilangnya fasa cair (filtrat) dari lumpur kedalam formasi merupakan peristiwa filtration loss (laju tapisan). Saat filtration loss terjadi, mud cake akan terbentuk pada dinding lubang bor. Mud cake yang menempel pada dinding lubang bor merupakan padatan yang ada dalam lumpur bor. Mud cake yang baik untuk digunakan adalah yang tipis agar mengurangi kemungkinan terjepitnya pipa bor serta agar dapat menjaga kestabilan lubang bor. Jika mud cake yang terbentuk terlalu tebal maka akan menyebabkan pipa pemboran terjepit dan sulit untuk diangkat kembali ke permukaan. Banyaknya filtrat yang masuk kedalam formasi juga harus dijaga agar tidak merusak formasi (Rubiandini, 2010).

Besarnya nilai filtration loss dan mud cake didapat dengan menggunakan Filter Press dan untuk mensuplai tekanan hingga 100 psi dengan soda charger serta kertas whattman untuk menyaring padatan dibawah silinder. Lama waktu pengukuran sesuai dengan standar yang ditentukan dengan filter press selama 30 menit. Semakin tinggi temperatur pemanasan lumpur, maka viskositas lumpur semakin kecil atau dapat dikatakan menjadi semakin encer. Hal tersebut dapat mempengaruhi banyaknya filtrat dan mud cake yang terbentuk. Maksimum nilai filtration loss dan mud cake adalah kurang dari sama dengan 6 ml dan kurang dari sama dengan 1 mm.

Tabel 14. Hasil Pengukuran Filtration Loss Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Filtration Loss (ml)
250	≤6	5,5
300	≤6	10,5
350	≤6	26,5

Tabel 15. Hasil Pengukuran Mud Cake Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Cake (mm)
250	≤1	0,5
300	≤1	0,4
350	≤1	0,3

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, semakin tinggi temperatur, filtration loss juga semakin tinggi. Karena padatan yang ada dalam lumpur berkurang dan viskositas lumpur yang semakin kecil dengan semakin tinggi suhu pemanasan, maka mud cake yang terbentuk semakin tipis sehingga tidak ada padatan yang dapat menahan filtrat. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai berkurangnya nilai densitas serta viskositas, terlihat bahwa hal tersebut juga berpengaruh pada meningkatnya nilai filtration loss dan tebal mud cake yang terbentuk pada kedua jenis sampel lumpur.

Untuk mengurangi filtration loss dan memperbesar tebal mud cake agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan treatment, yaitu dengan menambahkan bahan PF-PAC LV yang berfungsi sebagai aditif filtration loss control. Sampel polyamine pada suhu 300 °F dilakukan penambahan bahan PF-PAC LV sebesar 1 gram lalu mixing selama 6 menit dan untuk suhu 350 °F sebesar 2,5 gram lalu mixing selama 7 menit. Karena lumpur juga ditambah dengan bahan bentonite, XCD, PHPA, dan barite, dapat membantu menambah padatan dan meningkatkan viskositas lumpur.

Tabel 16. Hasil Pengukuran Filtration Loss Lumpur Polyamine Setelah Treatment

Temperature (°F)	Spesifikasi	Filtration Loss (ml)
250	≤6	5,5
300	≤6	5
350	≤6	4

Tabel 17. Hasil Pengukuran Mud Cake Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Cake (mm)
250	≤1	0,5
300	≤1	0,65
350	≤1	0,7

Melihat hasil treatment terlihat bahwa adanya peningkatan kualitas lumpur dengan berkurangnya nilai filtration loss dan bertambahnya tebal mud cake. Banyaknya air filtrat yang terakumulasi setelah treatment menunjukkan hasil yang baik dimana kurang dari 6 ml. Tebal mud cake yang terbentuk tersebut setelah dilakukannya treatment cukup untuk menahan fluida agar tidak masuk ke dalam formasi secara berlebihan. Setelah dilakukan treatment lumpur menunjukkan hasil yang baik dengan memenuhi standard spesifikasi yaitu kurang dari 1 mm sehingga dapat menahan air filtrat lumpur masuk ke area invaded zone.

#### 4.5 pH

Nilai pH dari lumpur pemboran yang baik untuk digunakan diketahui berkisar dari 8 hingga 12. pH ditentukan untuk menentukan tingkat keasaman dan kebasaan dari lumpur. Lumpur yang dapat digunakan dalam operasi pemboran harus bersifat basa. Jika lumpur bor diketahui bersifat asam, dapat mempengaruhi cutting yang keluar dari lubang bor diatas permukaan menjadi halus hingga hancur sehingga tidak dapat menentukan jenis batuan yang ditembus oleh mata bor (bit) (Sukmanugraha, 2021). Selain itu juga dapat berpengaruh dan menyebabkan munculnya karat pada peralatan yang digunakan dalam operasi pemboran yang dilalui lumpur saat sirkulasi. Karat yang muncul pada rangkaian pipa bor dapat mengurangi waktu pemakaian peralatan atau mudah rusak (Hamid, 2017).

Tabel 18. Hasil Pengukuran pH Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Cake (mm)
250	9-12	9
300	9-12	9
350	9-12	8

Lumpur bor yang memiliki nilai pH terlalu basa juga tidak baik untuk digunakan dalam operasi pemboran, karena dapat berpengaruh pada viskositas lumpur dimana menjadi tinggi. Pada penelitian

(Gamal et al., 2019) mengatakan bahwa perubahan nilai pH dapat mempengaruhi rheologi lumpur dimana dapat menurun. Untuk menghindari terjadinya hal tersebut, pH lumpur harus dijaga agar tidak mempengaruhi rheologi lumpur. Treatment yang dilakukan untuk meningkatkan nilai pH adalah dengan menambah aditif pH control yaitu KOH. Penambahan KOH dilakukan sedikit demi sedikit karena tingkat keasaman KOH tinggi.

Tabel 19. Hasil Pengukuran pH Lumpur Polyamine

Temperature (°F)	Spesifikasi	Mud Cake (mm)
250	9-12	9
300	9-12	10
350	9-12	10,5

Nilai pH yang didapat setelah treatment menunjukkan bahwa tingkat keasaman lumpur baik untuk digunakan karena telah memenuhi standard spesifikasi yang dibutuhkan. Dari pengamatan yang dilakukan, terlihat bahwa pH dari lumpur juga berpengaruh pada viskositas dari lumpur bor. Saat dilakukan penambahan KOH yaitu saat mixing, viskositas lumpur menjadi lebih kecil atau lumpur tidak terlalu kental

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian mengenai Analisis Penggunaan Lumpur Polyamine Terhadap Sifat Fisik Lumpur Pemboran sebagai berikut:

1. Hasil analisa nilai densitas pada sampel lumpur polyamine untuk suhu 250 °F mendapatkan nilai yang baik sebesar 9 ppg, namun pada sampel suhu 300 dan 350 °F mendapatkan hasil kurang dari 9 ppg sehingga dilakukan treatment penambahan barite sebesar 10 gram untuk suhu 300 °F dan 15 gram untuk suhu 350 °F dan mendapatkan nilai densitas mencapai 9,5-10,1 ppg. Untuk mengurangi atau menghilangkan busa (foaming) pada lumpur dilakukan penambahan defoamer.
2. Pada suhu 250 °F viskositas sampel lumpur polyamine menunjukkan hasil yang baik yaitu 30 dan 45 sec/qt berturut-turut, sedangkan pada suhu 300 dan 350 °F viskositas kedua sampel lumpur menurun atau lumpur menjadi lebih encer hingga mendapat nilai viskositas sebesar 10 sec/qt, maka dilakukan treatment penambahan bentonite dan PHPA dan mencapai nilai viskositas sebesar 42-60 sec/qt.
3. Analisa rheologi lumpur polyamine untuk suhu 250 °F mendapatkan nilai yang baik, yaitu plastic viscosity sebesar 23 dan 28,5 cp, yield point sebesar 23 dan 26 lb/100 ft<sup>2</sup>, serta gel strength 10 detik 5 dan 6 lb/100 ft<sup>2</sup> dan 10 menit 9 dan 10 lb/100 ft<sup>2</sup>, namun pada penelitian suhu 300 dan 350 °F mendapatkan hasil yang menurun yaitu untuk plastic viscosity sebesar 7-19 cp, yield point sebesar 3,5-17 lb/100 ft<sup>2</sup>, serta gel strength 10 detik 3-5 lb/100 ft<sup>2</sup> dan 10 menit 4-8 lb/100 ft<sup>2</sup>. Untuk meningkatkan nilai rheologi maka dilakukan treatment penambahan aditif rheology modifier yaitu PHPA dan XCD serta menambahkan lama waktu mixing atay pencampuran bahan. Hasil akhir yang didapat untuk plastic viscosity 23-47 cp, yield point 23-30 lb/100 ft<sup>2</sup>, serta gel strength 10 detik 5-9 lb/100 ft<sup>2</sup> dan 10 menit 9-16 lb/100 ft<sup>2</sup>.
4. Hasil analisa filtration loss yang dihasilkan dari penelitian dengan menggunakan filter press pada suhu 250 °F mendapatkan nilai 5,5 ml untuk sampel polyamine, namun pada suhu 300 dan 350 °F mendapatkan hasil yang meningkat hingga mencapai 26,5 ml, maka dilakukan treatment penambahan PF-PAC LV dan menambah lama waktu mixing dan mendapatkan hasil filtration loss kurang dari 6 ml.
5. Berdasarkan hasil analisa nilai filtration loss yang meningkat pada suhu 300 dan 350 °F, diketahui mud cake yang terbentuk memiliki ketebalan yang kecil yaitu kurang dari 0,5 mm sehingga dilakukan treatment penambahan PF-PAC LV dan mendapat nilai mud cake 0,5-0,7 mm. Dari peningkatan temperatur pengujian, nilai pH lumpur polyamine menurun hingga kurang dari 8 dimana menjadikan lumpur basa. Dilakukan treatment penambahan KOH sebagai pH stabilizer.

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan penggunaan lumpur shale inhibitor yang lain, seperti KCl Polymer sebagai pembanding dari hasil penggunaan lumpur polyamine.

## DAFTAR PUSTAKA

Agung, A., & Hamid, A. (2015). Pengaruh Temperatur Tinggi Setelah Hot Roller Terhadap Rheologi Lumpur Saraline 200 Pada Berbagai Komposisi. 183–193.

Allawi, R. H., Najem, M. A., Sagger, M. A., & Abd, S. M. (2019). Effect of Temperature on Drilling Mud. *Journal of Physics: Conference Series*, 1279(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1279/1/012054>

Amoco. (1994). *Drilling Fluids Manual*. Amoco Production Company. API Specification 13A. (2010). API Specification 13A. API Specification 13A, August 2010, 22.

Arif, L., Buntoro, A., Sudarmoyo, & R.S., R. R. (2001). Penelitian Sifat-Sifat Rheologi Lumpur Filtrasi Rendah Pada Temperatur Tinggi. *Journal Proceeding Simposium Nasional IATMI*, 67, 3–5.

Baker & Hughes INTEQ Inc. (1995). *Drilling Engineering Workbook*. December. Baker Hughes. (2006). *Drilling Fluids Reference Manual*. Reference Manual, 1–775.

Caenn, R. (2010). *Composition & Properties of Drilling & Completion Fluids*.

Chen, H., Wei, M. (2019). Synergistic inhibition mechanism of polyamine and sodium stearate on shale hydration. *Journal of Molecular Liquids*, 290, 111205.

Dr. Ir. KRT. Nur Suhascaryo, M. E., Dr. Hiras Pasaribu, S.E., M. S., & Dr. Ir. Susila Herlambang, M. S. (2020). STRATEGI PENGEMBANGAN UKM PEMANFAATAN VICOIL SEBAGAI KEGIATAN UPAYA MENUNJANG OPERASI PEMBORAN MIGAS DAN PANAS BUMI.

Gamal, H., Elkatatny, S., Basfar, S., & Al-Majed, A. (2019). Effect of pH on Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Fluid Based on Bentonite. *Sustainability*, 1–13.

Gao, L., Wei, M., Bai, B. (2018). Coreflood tests and shale inhibition mechanism of microemulsion polyamine in water-based drilling fluid. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 163, 706-714.

Ginting, R. M. (2018). Lumpur Air Asin Sistem Dispersi Pada Berbagai Temperatur. *Jurnal Petro*, VII(4).

Hamid, A. (2017). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Lost Circulation Material (LCM) dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Rheologi Lumpur. *Jurnal Petro*, v.

Hamid, A., & Wastu, A. R. R. (2017). EVALUASI PENGGUNAAN SISTEM LUMPUR SYNTHETIC OIL BASE MUD DAN KCL POLYMER PADA PEMBORAN SUMUR X LAPANGAN Y. *Jurnal Petro*, VI, No. 1. IADC. (2000). *IADC Drilling Manual eBook Version (V.11)*. 11.

Jiang, Y., Liu, C., Liang, J., et al. (2021). Cationic starch-graft-polyamine as high-performance shale inhibitor for high-temperature water-based drilling fluids. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 197, 107505.

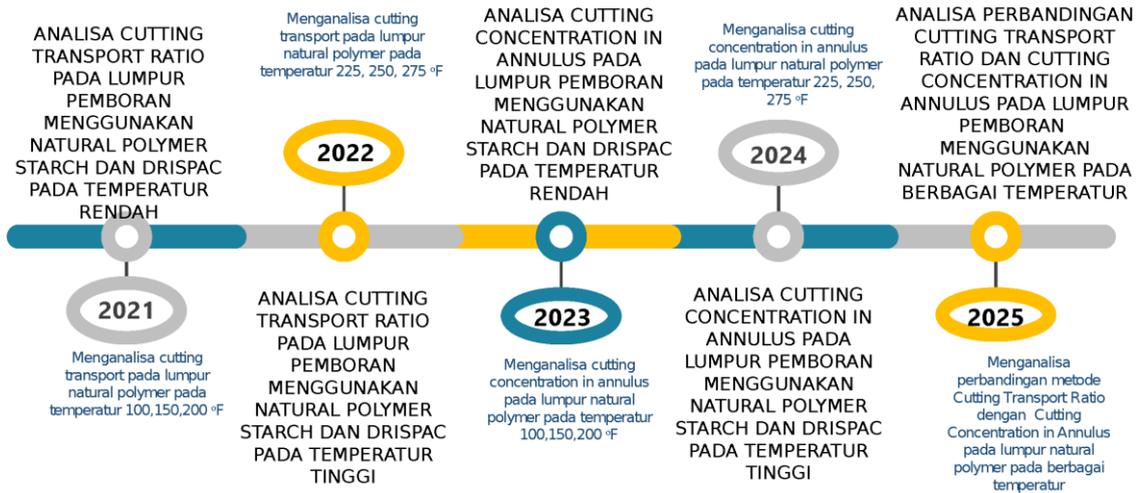
- Jiasita, A., Gayo, A., Dwiyantri, A., Alifa, G., & Sarascia, F. (2016). Evaluasi Penggunaan Sistem Lumpur Synthetic OBM dan KCl Polymer Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y. In FTKE Usakti (Vol. 3, Issue 2).
- Lail, F. F. AL, & Satiyawira, B. (2015). STUDI LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI KCL DAN NAACL TERHADAP SIFAT FISIK LUMPUR POLIMER PAPH DI DALAM TEMPERATUR TINGGI. Seminar Nasional Cendekiawan 2015, 9–25.
- Liu, Y., Liang, J., Wei, M., et al. (2017). Modified polyamine as high performance shale inhibitor for oil-based drilling fluids. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 158, 57-65.
- MI Swaco. (1998). MI Swaco Engineering Drilling Fluid Manual. Mitchell, R. F., & Miska, S. Z. (2011). Fundamentals of Drilling Engineering. In Fundamentals of Drilling Engineering (Vol. 12). <https://doi.org/10.1002/9781119083931>
- Patel, A., Stamatakis, E., Young, S., & Friedheim, J. (2007). Advances in inhibitive water-based drilling fluids - Can they replace oil-based muds? Proceedings - SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, 614–621. <https://doi.org/10.2118/106476-ms>
- Putra, V. C., Kasmungin, S., & Pramana, A. A. (2016). Perbandingan Jenis Lumpur Berbahan Dasar Air Dengan 2% Polyamine Polymer dan 7% KCL Polymer. Seminar Nasional Cendekiawan 2016, 1–5.
- Qiu, L., Li, J., Tang, J. (2019). Integrated shale inhibitor based on polyamine and refined pulp for water-based drilling fluids. *Construction and Building Materials*, 226, 450-459.
- Rabia, H. (2002). Well Engineering & Construction.
- Raharja, R., Kasmungin, S., & Hamid, A. (2018). Analisis Rheologi Lumpur Lignosulfonat Dengan Penambahan LCM Berbahan Serbuk Gergaji, Batok, dan Sekam Berbagai Temperatur. *Jurnal OFFSHORE*, 2(2), 33–42.
- Rubiandini, Rubi. (2010). Teknik pemboran 1. Institut Teknologi Bandung.
- Saputra, R. F. (2021). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Xanthan Gum dan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Lumpur Pemboran Sebagai Loss Circulation Material.
- Satiyawira, B. (2019). Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Fisik Sistem Low Solid Mud Dengan Penambahan Aditif Biopolimer Dan Bentonite Extender. *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 7(4), 144–151. <https://doi.org/10.25105/petro.v7i4.4282>
- Soliman, A. A. (1995). Oil base mud in high pressure, high temperature wells. Proceedings of the Middle East Oil Show, 2, 257–268. <https://doi.org/10.2523/29864-ms>
- West, G., & Morales, L. (2005). High performance water-base fluids improve drilling. June, 48–49.
- Widradjat. (1984). PERALATAN BOR VOLUME-1. Yanti, W., Hamid, A., & Bajri, I. B. (2016). PENGARUH PENAMBAHAN GARAM NaCl PADA LUMPUR PEMBORAN BERBAGAI TEMPERATUR. *Jurnal Petro*, V.

Zakky, Z., Satyawira, B., & Samsol, S. (2019). Studi Laboratorium Pemilihan Additif Penstabil Shale Di Dalam Sistem Lumpur Kcl-Polimer Pada Temperatur Tinggi. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 3(1), 50. <https://doi.org/10.33021/jmem.v3i1.544>

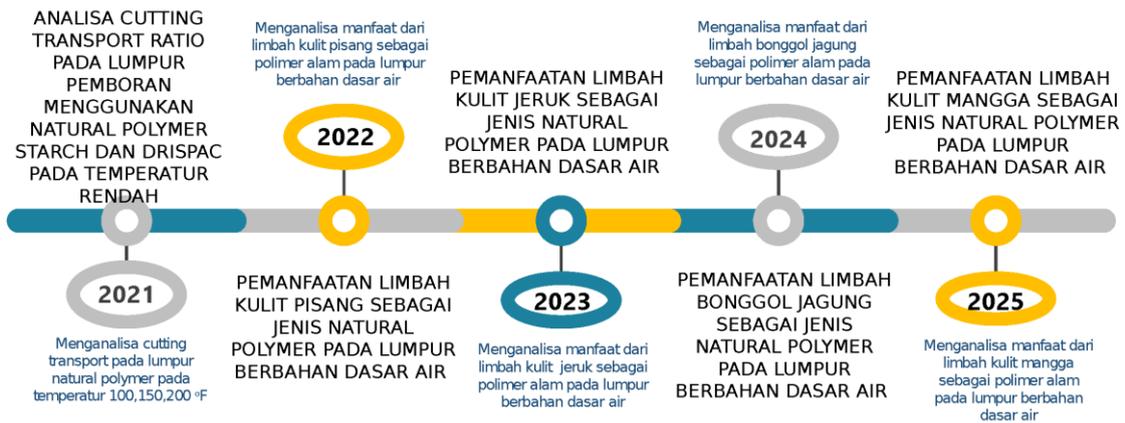
Sukmanugraha. (2021). FORMULASI SISTEM LUMPUR KCL POLYMER POLYAMINE PADA TRAYEK 12.25” DENGAN SUHU 250°F UNTUK MENCEGAH SWELLING PROBLEM. Skripsi UPN “Veteran” Yogyakarta, March, 6.

Zhong, H. Y., Qiu, Z. S., Huang, W. A., Qiao, J., Li, H. B., & Cao, J. (2014). The development and application of a novel polyamine water-based drilling fluid. *Petroleum Science and Technology*, 32(4), 497–504.

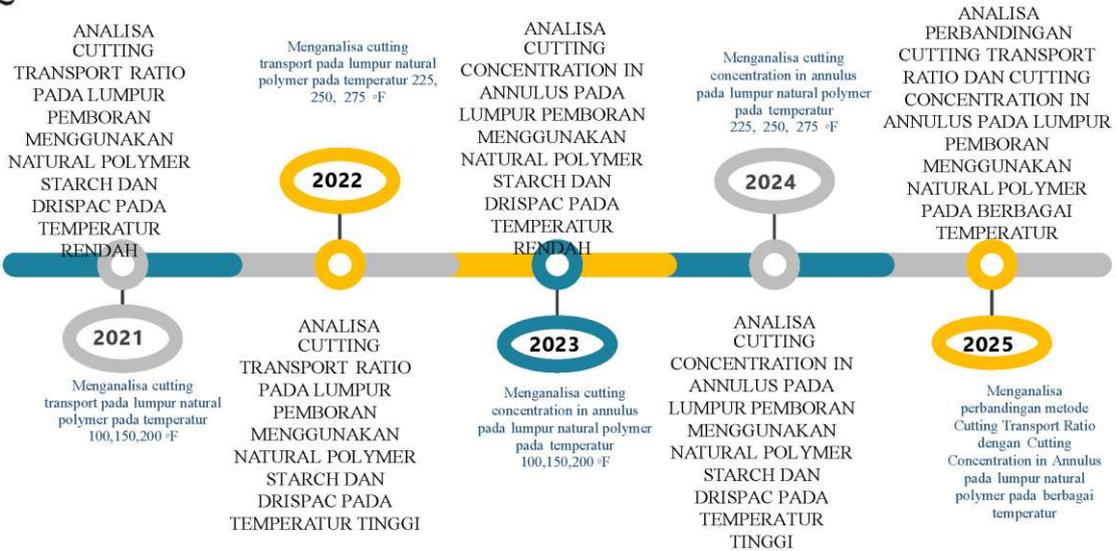
# LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



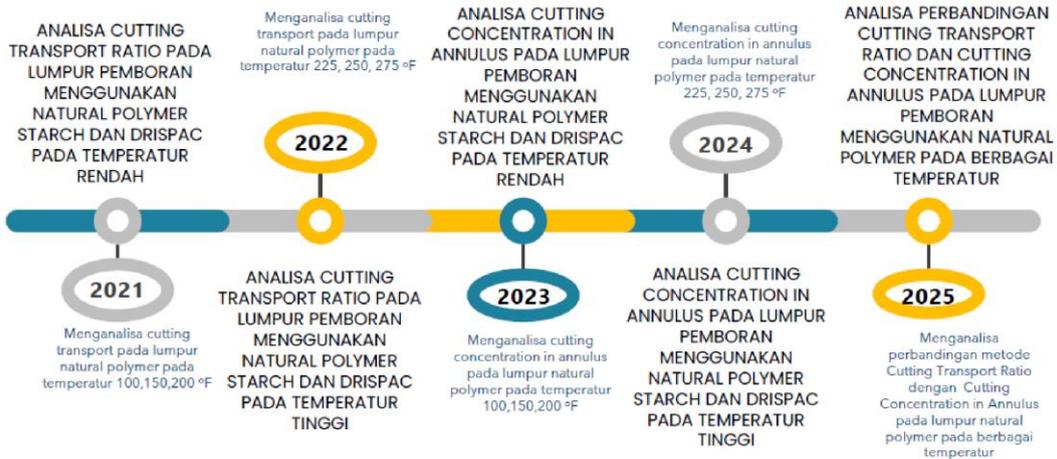
## PETA JALAN PENELITIAN < GHANIMA YASMANIAR ST.,MT>



## PETA JALAN PENELITIAN <Apriandi Rizkina Rangga Wastu ST.,MT>



PETA JALAN PENELITIAN < RIDHA HUSLA ST.,MT >



PETA JALAN PENELITIAN < Prayang Sunny Yulia ST.,MT >

## **LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN**

### **LUARAN 1 :**

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : ANALISIS PENGGUNAAN LUMPUR POLYAMINE TERHADAP SIFAT FISIK LUMPUR PEMBORAN

No. Pendaftaran : EC00202447534

Tanggal Pendaftaran : 2024-06-08

No. Pencatatan : 000622889

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.
2. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T.
3. Ridha Husla, S.T., M.T.
4. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.
5. Michelle Kezia Lumongga Nathanie

### **LUARAN 2 :**

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Internasional Bereputasi

Nama Jurnal : Jurnal Teknologi

ISSN : 2180-3722

EISSN : 2180-3722

Lembaga Pengindek : Scopus

Url Jurnal : <https://journals.utm.my/jurnalteknologi>

Judul Artikel : ANALYSIS OF THE USE OF POLYAMINE MUD ON DRILLING MUD DENSITY AT HIGH TEMPERATURES