

LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN FAKULTAS (PUF)

**Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung Sebagai Jenis Natural Polymer pada Lumpur
Berbahan Dasar Air**

TIM PENELITI

Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T.	(0320049301)	Ketua
Ridha Husla, S.T., M.T.	(0325029401)	Anggota
Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.	(0320119501)	Anggota
Marmora Titi Malinda, S.T., M.T.	(0328129301)	Anggota
Muhammad Hafiyyan Ghani	071002000029	Anggota



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



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2023/2024
0657/PUF/FTKE/2023-2024**

- 1. Judul Penelitian** : Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagong Sebagai Jenis Natural Polymer pada Lumpur Berbahas Dasar Air
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T.
- b. NIDN : 0320049301
- c. Jabatan/Golongan : Lektor/III-D
- d. Program Studi : TEKNIK PERMINYAKAN
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Teknik Perminyakan
Jalan Lagoa Terusan Gang IV. C2 RT 016 RW 003 NO 42 B Jakarta Utara
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : 0214308507
Apriandi.rizkina@trisakti.ac.id
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Ridha Husla, S.T., M.T./TEKNIK PERMINYAKAN
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T./Teknik Perminyakan
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Marmora Titi Malinda, S.T., M.T./Teknik Perminyakan
- 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, 29 Agustus 2024

Ketua Tim Pengusul



Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T.
NIDN: 0320049301

Direktur



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

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
Judul Penelitian	: Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung Sebagai Jenis Natural Polymer pada Lumpur Berbahen Dasar Air
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green design & Livable Space
Mata Kuliah yang terkait	: Teknik Lumpur Pemboran
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	: Pelatihan Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif dan Hemat Ekonomi di Lagoa Jak Utara

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Apriandi Rizkina Rangga Wastu, S.T., M.T.	3607	Ketua	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Ridha Husla, S.T., M.T.	3552	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.	3565	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Marmora Titi Malinda, S.T., M.T.	3727	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Muhammad Hafiyyan Ghani	07100200 0029	Anggota	Mahasiswa Universitas Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Venezia Chelsea Reggiana Kalalo	71720641 08000005	Anggota	Alumni Universitas Trisakti		
Anggy Mayasari	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	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	35
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokkan Derajat Substitusi untuk Masing-Masing CMC	14
Tabel 2.2 Bio products chemical composition, morphology and suitability in HPHT. (Borah & Das, 2022)	19
Tabel 2.3 Komposisi EDX Jagung. (EDS Institut Teknologi Bandung, 2019)	20
Tabel 4.1 Komposisi Lumpur Sampel Satu	22
Tabel 4.2 Komposisi Lumpur Sampel Dua	23
Tabel 4.3 Komposisi Lumpur Sampel Tiga	23
Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Viskositas	24
Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Plastik Viskositas	25
Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Yield Point	26
Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Detik	27
Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Menit	27
Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Filtration Loss	29
Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Mud Cake	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 CMC	14
Gambar 2.2 Drispac	14
Gambar 2.3 Starch	15
Gambar 2.4 XC Polymer	16
Gambar 2.5 PHPA (<i>Partially Hydrolyzed Anionic Polyacrylamide</i>)	17
Gambar 2.6 Kelompok Polimer Resin	17
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengamatan Viskositas	24
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengamatan Plastik Viskositas	25
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengamatan Yield Point	26
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Detik	27
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Menit	28
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengamatan Filtration Loss	29
Gambar 4.7 Hasil Pengamatan Mud Cake	30

RINGKASAN PENELITIAN

Lumpur pemboran merupakan sarana penting dalam menunjang kesuksesan aktivitas pemboran sumur minyak dan gas bumi yang produktif dan ekonomis. Beberapa aditif kimia yang digunakan untuk menyempurnakan sifat fisik lumpur cenderung bersifat beracun, non-biodegradable, dan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam penelitian akan diteliti manfaat dari limbah bonggol jagung sebagai aditif alternatif yang ramah lingkungan, mudah ditemukan, dan ekonomis untuk meningkatkan performa sifat fisik lumpur berbasah dasar air, serta bertujuan memanfaatkan limbah hasil rumah tangga dan dapat meminimalisir dampak pencemaran lingkungan karena zat aditif terbuat dari bahan-bahan alami.

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental di laboratorium untuk membuat sample polimer dari bahan limbah bonggol jagung. Pada penelitian akan membuat polimer berbasah dasar limbah bonggol jagung, setelah itu polimer tersebut akan dilakukan pengujian sample dengan pengaruh temperatur yaitu temperatur 80 f–200 F. Pengujian sample tersebut berupa pengujian sifat fisik pada suatu lumpur dasar yaitu (Viskositas, Plastik Viskositas, Yield point, Gel strength, Filtration loss, mud cake, dan pH).

Pada penelitian ini memiliki hubungan antara road map penelitian yang diusulkan dengan road map penelitian fakultas yaitu tentang *green engineering / technology* pada bidang *green energy* yaitu penggunaan bahan-bahan limbah rumah tangga seperti bonggol jagung yang dapat digunakan kembali menjadi sebuah natural polymer yang dapat digunakan dalam bidang lumpur. Pemilahan bahan tersebut memiliki fungsi sebagai kandidat polymer jenis baru, karena pada bahan tersebut memiliki kandungan Selulosa 41,27%, Hemiselulosa 46%, Lignin 7,40% yang dapat digunakan sebagai polymer. Parameter tersebut akan dilihat dari penambahan konsentrasi bubuk bonggol jagung pada sifat fisik dari lumpur yang akan diuji.

Pada penelitian ini diharapkan menghasilkan suatu bahan yang berasal dari limbah bonggol jagung dapat digunakan sebagai polimer untuk lumpur pemboran, serta dapat menghasilkan luaran berupa HAKI dan jurnal Internasional Bereputasi dalam bidang *green energy* pada lumpur pemboran

Kata Kunci :

bonggol jagung, lumpur pemboran, rheologi, *filtration control*, *mud cake*, *pH*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan pemboran merupakan tahap kompleks dalam proses pengembangan lapangan minyak dan gas bumi yang diharapkan dapat berjalan secara lancar dan efisien agar mampu meminimalisir biaya pemboran dan mendorong proses produksi yang menguntungkan. Salah satu hal yang mempengaruhi kesuksesan dari aktivitas pemboran adalah sifat dari lumpur pemboran yang digunakan. Dengan bertambahnya kompleksitas dari aktivitas pemboran, maka penggunaan aditif lumpur pemboran semakin ditingkatkan untuk menyempurnakan lumpur mencapai target yang direncanakan.

Aditif kimia komersial yang umum digunakan seperti kalium klorida, kalium sulfat, natrium hidroksida, poliamina, kromium, dan banyak aditif lainnya merupakan kontaminan lingkungan yang beracun dan jika dibiarkan akan menimbulkan masalah lingkungan, kesehatan, dan keselamatan. Oleh karena atensi dan ketatnya regulasi terhadap bahaya lingkungan tersebut maka pemilihan aditif fluida pengeboran yang ramah lingkungan dengan bioindikator yang sesuai perlu dilakukan. Penggunaan aditif ramah lingkungan yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah *biodegradable* merupakan salah satu solusi dari masalah tersebut.

Pada penelitian sebelumnya, menggunakan bahan *biodegradable* dari limbah sisa makanan yaitu kulit pisang, didasari dengan adanya kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin pada kandungan tersebut sehingga dari kandungan bahan tersebut dapat digunakan sebagai pilot project penggunaan natural polimer dari limbah sisa makanan. Dalam peneliti ini memanfaatkan bonggol jagung (corn cob), pada penelitian sebelumnya penggunaan jagung sebagai polimer itu berdasarkan dari pupil dari jagung tersebut. Pemanfaatan dari bonggol jagung sebagai aditif alternatif yang ramah lingkungan, mudah ditemukan, dan ekonomis. Kandungan pati dan selulosa dari bonggol jagung dapat dimanfaatkan sebagai aditif fluid loss control dan viscosifier lumpur pemboran. Analisa kemampuan bonggol jagung dalam meningkatkan efisiensi lumpur pemboran dilakukan dengan meneliti pengaruh penambahan konsentrasi mulai dari 1.5 gr, 3 gr, dan 4.5 gr pada temperatur 80°F dan 200°F terhadap nilai sifat fisik lumpur seperti densitas, viskositas, gel strength, yield point, mud cake, dan filtration loss. Pemanfaatan bonggol jagung pada lumpur pemboran yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan mampu mencapai nilai efisiensi aditif dalam mengatasi filtration loss sehingga layak digunakan sebagai aditif lumpur pemboran water-based mud yang ramah lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini, terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah limbah bonggol jagung dapat digunakan sebagai jenis aditif polymer pada suatu lumpur pemboran ?
2. Apa dampak dari penggunaan limbah bonggol jagung pada lumpur pemboran ?
3. Bagaimana pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap konsentrasi terhadap setiap sample lumpur pemboran ?
4. Bagaimana pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap perubahan temperatur terhadap setiap sample lumpur pemboran ?
5. Bagaimana pengaruh limbah bonggol jagung terhadap sifat fisik lumpur pemboran ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latarbelakang dan perumusan masalah pada penelitian ini, maka terdapat beberapa tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui penggunaan limbah bonggol jagung sebagai jenis aditif polymer pada suatu lumpur pemboran.

2. Mengetahui dampak dari penggunaan limbah bonggol jagung pada lumpur pemboran.
3. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap konsentrasi terhadap setiap sample lumpur pemboran.
4. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap perubahan temperatur terhadap setiap sample lumpur pemboran.
5. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung terhadap sifat fisik lumpur pemboran.

1.4. Batasan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang masalah yang telah dijabarkan penulis, maka batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini yaitu analisa potensi bonggol jagung sebagai alternatif bahan aditif lumpur pemboran yang ramah lingkungan berdasarkan pengaruhnya terhadap nilai rheologi dan filtration loss. Penelitian dilakukan dengan mengamati 3 sampel dengan konsentrasi bonggol jagung 1,5 gr, 3 gr, dan 4,5 gr pada temperatur 80°F dan 200°F.

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

Penelitian ini merupakan penelitian awal yang akan berlanjut sampai tahun 2025 dengan menggunakan bahan limbah , konsentrasi, temperatur berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan membahas teori dasar yang berhubungan dengan penelitian ini mengenai pemanfaatan bonggol jagung sebagai bahan alternatif aditif lumpur pemboran yang ramah lingkungan. Penjelasan pada tinjauan Pustaka ini akan dijabarkan secara rinci pada setiap sub bab di tinjauan Pustaka ini.

2.1 Lumpur Pemboran

Lumpur Pemboran merupakan fluida (zat cair / zat padat) yang digunakan dalam operasi pemboran untuk membantu proses pemboran. Zat cair dari lumpur pemboran merupakan komponen dasar lumpur yang berupa air atau minyak, zat padat sebagai pemberat dan pengental, dan zat kimia sebagai pengontrol sifat lumpur agar sesuai dengan kondisi formasi yang ditembus. Komposisi dan sifat fisik lumpur sangat berpengaruh terhadap suatu operasi pemboran dan faktor yang menentukan berhasil atau tidaknya suatu pemboran tergantung pada lumpur pemboran. Sebagai salah satu faktor penentu keberhasilan operasi pemboran, lumpur yang digunakan harus memiliki sifat fisik dan kimia yang stabil. Semua jenis lumpur pemboran pada dasarnya memiliki sifat yang sama yaitu densitas, viskositas, *gel strength*, *filter cake*, *water loss*, dan *electrical resistance*. Kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan, dan biaya pemboran sangat tergantung pada fluida yang digunakan (Rabia, 2002), (Satiyawira et al., 2020).

2.2 Fungsi Lumpur Pemboran

Tujuan dari penggunaan lumpur pemboran adalah agar proses pemboran tidak mengalami masalah-masalah yang dapat menghambat proses pemboran itu sendiri. Faktor pendukung dalam operasi pemboran antara lain adalah kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan dan biaya pemboran (Satiyawira, 2018).

2.2.1 Mengangkat *cutting*

Saat operasi pemboran berlangsung, bit akan menggerus formasi yang ditembus sehingga terjadi pengikisan yang menghasilkan serbuk bor atau yang disebut *cutting*. Untuk mencapai hasil operasi pemboran yang efektif maka *cutting* harus diangkat dari lubang sumur ke permukaan. *Cutting* yang tidak diangkat dapat menyebabkan beberapa masalah seperti bit baling dimana *cutting* melekat pada bit, menurunnya laju penetrasi akibat regrinding atau penggerusan *cutting*, dan meningkatkan beban dari drag dan torque. Hal yang mempengaruhi keberhasilan pengangkatan *cutting* yaitu kecepatan fluida di annulus, viskositas, densitas, rotasi pipa, dan hole angle (Rabia, 2002).

2.2.2 Mengontrol tekanan formasi

Tekanan hidrostatik yang dimiliki oleh lumpur pemboran merupakan faktor utama pengontrol tekanan formasi yang ditembus saat operasi pemboran. Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang diberikan kolom fluida dengan densitas tertentu pada suatu kedalaman. Pada umumnya tekanan fluida formasi bernilai sekitar 0,465 psi/ft kedalaman, setara dengan ketinggian kolom fluida dengan densitas 8,94 ppg, yang kira-kira merupakan massa jenis air laut. Apabila tekanan formasi lebih kecil dari normal (*subnormal pressure*) maka densitas lumpur harus diperkecil untuk mencegah masuknya lumpur ke dalam formasi atau loss. Sedangkan untuk kondisi tekanan formasi yang lebih besar dari normal (*abnormal pressure*), densitas lumpur harus diperbesar dengan cara menambahkan pemberat seperti barite, hematit, dan kalsium karbonat (Rabia, 2002).

2.2.3 Menahan *cutting* saat sirkulasi dihentikan

Pada keadaan statis dimana operasi pemboran dihentikan, lumpur pemboran berfungsi untuk menahan serbuk bor agar tidak jatuh dan menumpuk di dasar lubang bor. Sifat rheologi lumpur berupa *gel strength* adalah faktor penting yang berpengaruh pada kemampuan lumpur membersihkan lubang bor dan mencegah pengendapan serbuk bor. *Gel strength* merupakan pembentukan padatan karena gaya tarik menarik antara mineral lempung yang terjadi di keadaan statis, sehingga perhitungan nilai *gel strength* dilakukan dengan standarisasi 10 detik dan 10 menit menggunakan alat VG Meter. Nilai *gel strength* yang terlalu kecil akan menyebabkan pengendapan *cutting* sedangkan nilai yang terlalu besar akan mempersulit pemompaan lumpur untuk disirkulasi kembali (Rabia, 2002).

2.2.4 Menjaga kestabilan lubang bor

Ketidakstabilan lubang bor merupakan masalah yang sering ditemui dalam operasi pemboran, terlebih pada formasi yang mengandung lapisan *shale* reaktif yang tebal. Interaksi antara lumpur dan lapisan *shale* merupakan salah satu faktor ketidakstabilan lubang bor. Dimana filtrat dari lumpur pemboran akan terhidrasi oleh *shale* dan menyebabkan runtuhnya dinding formasi ke dalam lubang atau yang biasa disebut *sloughing shale*. *Mud cake* yang dibentuk oleh lumpur pemboran berperan untuk menahan dinding lubang bor agar tidak mudah runtuh. Hal ini diakibatkan oleh kemampuannya dalam menghalangi masuknya filtrat lumpur ke dalam formasi. Kualitas dari *mud cake* yang diharapkan yaitu tipis dan kuat agar mampu mencegah runtuhnya dinding lubang bor serta mempertahankan ukuran lubang bor. Ketebalan *mud cake* yang berlebih dapat menyebabkan beberapa masalah seperti stuck pipe (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.2.5 Melumasi dan mendinginkan *bit*

Saat operasi pemboran berjalan, friksi atau gaya gesek dapat terjadi pada *bit* dan daerah dimana *drill string* berhubungan dengan dinding formasi. Perputaran tersebut menghasilkan sejumlah panas yang dapat merusak *bit* yang digunakan, menjadikan *bit* cepat terbakar dan menumpul. Dinding formasi pada umumnya memiliki konduktivitas yang kecil sehingga hanya mampu menyerap sebagian kecil dari panas yang dihasilkan. Namun lumpur yang dirkulasikan dapat mendinginkan *bit* dan *drill string*, membantu mengurangi faktor friksi pada pipa dan pahat bor, berfungsi sebagai pelumas antara lubang sumur dan *drill string* sehingga mengurangi torsi dan *drag* (Rabia, 2002).

2.2.6 Menghantarkan gaya hidrolika ke *bit*

Lumpur pemboran merupakan media penghantar daya hidrolika dari permukaan ke dasar lubang bor untuk mengangkat serbuk bor dan membersihkan dasar lubang sumur. Laju sirkulasi dari lumpur dihitung sesuai dengan daya hidrolika lumpur yang diperlukan untuk mencapai pembersihan lubang dan pengangkatan serbuk bor yang optimal. Daya hidrolika yang dimaksud yaitu *Hydraulic Horsepower* (HHP) yang merupakan akibat dari aliran fluida pemboran dan *pressure drop* melalui *bit nozzle*. Energi yang dihasilkan kemudian dikonversi ke tenaga mekanik yang mampu mengangkat serbuk bor dan memperbaiki *Rate of Penetration* (ROP) (Rabia, 2002).

2.2.7 Media untuk evaluasi formasi (*logging*)

Salah satu cara untuk mengevaluasi suatu formasi yaitu dengan menggunakan lumpur pemboran. Lumpur yang disirkulasikan ke dalam lubang sumur akan kembali ke permukaan membawa serbuk bor yang dapat dikumpulkan sebagai bahan evaluasi formasi dan untuk menentukan nilai komersial sumur yang dibor. Informasi mengenai formasi yang ditembus juga didapatkan dengan cara *Logging While Drilling* (LWD) dan *Measurement While Drilling* (MWD) dimana pengumpulan data formasi dilakukan seiring dengan operasi pemboran menggunakan kabel dan tanpa melepas *drill string*. Data formasi ditransmisikan secara *real-time* menggunakan pulsa tekanan melalui lumpur pemboran (Rabia, 2002)

2.2.8 Mencegah dan menghambat korosi

Adanya material korosif seperti gas O₂, CO₂, dan H₂S pada formasi yang ditembus dapat memicu rusaknya peralatan pemboran yang umumnya terbuat dari baja dan karbon. Faktor yang juga berpengaruh yaitu pH dari lumpur yang digunakan. Lumpur dengan pH asam akan mempercepat laju korosi dan menghancurkan serbuk bor yang terangkat, maka dari itu lumpur yang disirkulasikan harus bersifat basa dengan *range* pH 8.5-11.5. Aditif pengontrol pH seperti sodium hydroxide (caustic soda), potassium hydroxide, dan calcium hydroxide umumnya ditambahkan untuk menyeimbangi kadar asam lumpur akibat penambahan aditif-aditif lainnya. Sedangkan aditif yang digunakan untuk mengontrol korosi adalah *corrosion inhibitor*, *oxygen scavengers*, dan *hydrogen sulfide scavengers* (Rabia, 2002).

2.2.9 Menunjang berat dari rangkaian bor

Daya apung atau *buoyancy effect* yang diberikan lumpur pemboran berperan penting dalam membantu menahan berat pipa atau rangkaian pemboran. Faktor daya apung digunakan untuk menghubungkan kerapatan lumpur yang dipindahkan dengan kerapatan material dalam tubular; oleh karena itu, setiap peningkatan dalam kepadatan lumpur menghasilkan peningkatan gaya apung (Rabia, 2002).

2.2.10 Membersihkan dasar lubang sumur

Pembersihan lubang atau *hole cleaning* merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu proses pemboran. Keefektifan *hole cleaning* berbanding lurus dengan kemampuan lumpur pemboran mengangkat cutting ke permukaan. Faktor lainnya yang mempengaruhi yaitu kecepatan annular dari fluida pemboran yang disirkulasikan. Pembersihan lubang sumur yang tidak optimal dapat mengakibatkan umur *bit* yang berkurang akibat *regrinding*, *pipe sticking*, dan peningkatan *annular density* dan tekanan hidrostatis yang dapat menyebabkan rekahnya formasi lemah sehingga terjadi *loss circulation*.

2.3 Sifat Fisik Lumpur Pemboran

Lumpur pemboran sangatlah berpengaruh pada keberhasilan operasi pemboran. Sifat fisik dari lumpur perlu untuk diperhatikan dan disesuaikan dengan kriteria yang diinginkan pada setiap kondisi formasi yang ditembus. Sebagai contoh lumpur perlu ditambahkan pengontrol sifat fisik saat pemboran dilakukan pada daerah batuan lunak sedangkan di daerah batuan keras sifat-sifat ini tidak terlalu berpengaruh. Beberapa pertimbangan yang penting dalam pemilihan lumpur pemboran yaitu faktor ekonomi, kontaminasi lumpur, jenis air yang tersedia, tekanan, dan temperatur. Pemantauan sifat-sifat fisik lumpur pemboran sangat penting meskipun sistem lumpur sudah dipersiapkan secara memadai. Umumnya akan ada perubahan sifat-sifat lumpur yang nantinya akan terlihat saat lumpur disirkulasikan. Oleh sebab itu sifat fisik harus dipantau secara kontinyu dan dikoreksi sebelum terjadi masalah pemboran yang serius (Rubiandini, 2012)

2.3.1 Densitas

Densitas atau berat jenis merupakan salah satu sifat fisik lumpur yang berperan penting dalam kesuksesan suatu proses pemboran. Nilai dari berat jenis atau densitas dari lumpur yang digunakan sangat berpengaruh sebagai penahan tekanan formasi. Berat jenis akan memberikan tekanan hidrostatis kepada lumpur yang diperlukan untuk mengimbangi tekanan formasi agar tidak terjadi *blow-out* ataupun hilang sirkulasi. Oleh sebab itu berat jenis lumpur perlu disesuaikan dengan keadaan formasi yang akan akan dibor, sehingga diperlukan pengaturan densitas yang baik. Lumpur dengan densitas yang terlalu berat akan menyebabkan *loss circulation* dan lumpur dengan densitas yang ringan akan menyebabkan *blow-out*. Penambahan material pemberat seperti barit akan membantu memperbesar

nilai densitas sedangkan untuk mengurangi densitas lumpur cukup dengan menambahkan air atau minyak (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.3.2 Viskositas

Viskositas merupakan kekentalan suatu fluida atau tahanan fluida tersebut terhadap aliran yang disebabkan oleh pergeseran antara partikel lumpur. Viskositas merupakan sifat fisik yang berperan penting dalam rheologi lumpur pemboran dan pengangkatan *cutting* ke permukaan. Semakin tinggi viskositas lumpur maka semakin baik kemampuannya dalam mengangkat *cutting*. Sebaliknya, viskositas lumpur yang kecil menyebabkan kesulitan dalam pemisahan *cutting*. Nilai viskositas dari lumpur pemboran dapat dihitung dengan menggunakan alat *marsh funnel*, *stromer viscometer*, dan *fann vg meter*. Lumpur pemboran mengikuti model – model rheology *Bingham Plastic*, *Power Law* dan *Modified Power Law*. Diantara ketiga model ini, Bingham Plastic merupakan model yang sederhana untuk fluida Non-Newtonian fluida (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.3.3 Plastik Viskositas

Plastic viscosity adalah sebuah tahanan atau hambatan terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan mekanis dalam lubang bor yang disebabkan oleh konsentrasi padatan, ukuran dan bentuk padatan, serta viskositas dari fluida pemboran. *Plastic viscosity* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar padatan pada lumpur dan dapat diturunkan dengan mengurangi konsentrasi padatan atau dengan mengurangi luas permukaan dan dengan pengenceran atau pemisahan mekanis. Pengendalian nilai *plastic viscosity* lumpur melibatkan pengendalian kontaminan padatan pada lumpur dan viskositas fluida pemboran (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

$$PV = \theta 600 - \theta 300 \quad (\text{II.1})$$

2.3.4 Yield Point

Yield point merupakan resistensi dari fluida untuk mengalir akibat gaya tarik menarik antara partikel lumpur yang disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang di dispersi dalam fasa fluida. (Rubiandini, 2009).

$$YP = PV - \theta 300 \quad (\text{II.2})$$

Keterangan:

$\theta 300$ = Dial Reading 300, rpm

$\theta 600$ = Dial Reading 600, rpm

YP = Yield Point, lbs/100ft²

PV = Plastic Viscosity, cp

2.3.5 Gel Strength

Gel strength merupakan kemampuan lumpur untuk menahan *cutting* dengan cara membentuk struktur *gel* saat sirkulasi dihentikan. Layaknya *yield point*, *gel strength* juga merupakan ukuran dari gaya tarik menarik partikel di dalam sistem lumpur. Perbedaannya yaitu *gel strength* adalah ukuran

gaya tarik-menarik saat keadaan statik sedangkan *yield point* merupakan ukuran gaya tarik-menarik yang dinamik (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.3.6 Filtration Loss

Filtrat loss adalah kondisi dimana lumpur kehilangan sebagian dari fasa cairnya kedalam formasi permeabel sedangkan fasa padatnya akan membentuk *mud cake* pada dinding lubang bor. Pembentukan *mud cake* merupakan salah satu fungsi dari lumpur agar mampu mencegah runtuhnya dinding lubang bor. Namun ketebalan *mud cake* yang berlebih dapat menyebabkan beberapa masalah seperti terjepitnya pipa pemboran sehingga sulit untuk digerakkan. Adapun dua jenis *filtration* yang terjadi saat operasi pemboran yaitu *static filtration* dan *dynamic filtration*. *Static filtration* terjadi jika lumpur berada dalam keadaan diam dan *dynamic filtration* terjadi ketika lumpur disirkulasikan. *Filtration loss* yang terlalu besar akan berdampak buruk terhadap formasi maupun lumpur itu sendiri karena akan mengakibatkan *formation damage*, dan lumpur akan kehilangan banyak cairan. (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.3.7 pH

pH merupakan indikator keasamaan dan kebasahan dari suatu sistem lumpur pemboran, pada umumnya pH lumpur berkisar antara 9,5-11,5 (bersifat basa) dikarenakan, jika lumpur bersifat asam maka akan menyebabkan korosi pada alat-alat yang digunakan dalam pemboran selain itu juga *cutting* yang keluar dari lubang bor akan halus dan hancur, sehingga tidak dapat ditentukan jenis batuan apa yang ditembus, sedangkan jika terlalu basah maka akan menaikkan kekentalan dan juga *gel strength* lumpur.

2.3.8 Sand Content

Kandungan padatan yang terdapat dalam lumpur pemboran berpengaruh pada performa lumpur dan keefektifan operasi pemboran. Salah satu unsur penting dalam analisa padatan adalah *sand content* atau kandungan pasir yang dihasilkan dari *cutting* yang tercampur dengan lumpur. Kadar pasir dari lumpur pemboran perlu diperhatikan karena partikel-partikel ini dapat menjadi sangat abrasif sehingga merusak peralatan pemboran dan dapat menyebabkan pengendapan *filter cake* yang tebal pada dinding formasi. Penambahan padatan yang dalam hal ini berupa pasir pada lumpur pemboran akan mempengaruhi sifat fisik lumpur seperti densitas, viskositas, *gel strength*, dan kestabilan temperatur. Oleh sebab itu, lumpur yang telah disirkulasikan harus melewati proses pembersihan dari kontaminan dengan menggunakan alat *shale shaker*, *degasser*, *desander*, dan *desilter*. Kandungan pasir dalam sistem lumpur merupakan partikel yang berdiameter lebih besar dari 74 mikron dan dianalisa dengan alat yang disebut *screen mesh* (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.4 Jenis Lumpur Pemboran

Seiring dengan berkembangnya zaman yang diikuti dengan majunya teknologi pemboran, penggunaan lumpur yang awalnya berupa fluida sederhana menjadi campuran antara fluida, padatan, dan bahan aditif kimia yang kompleks. Pemilihan jenis lumpur pemboran harus disesuaikan dengan kondisi lapangan berupa lithologi dan stratigrafi serta disesuaikan dengan tujuan pemboran yang berbeda seperti eksplorasi, pengembangan, atau kerja ulang. Penggunaan lumpur pemboran yang tidak sesuai akan mengakibatkan masalah pemboran yang nantinya akan menambah biaya dan menghasilkan operasi pemboran yang tidak efisien dan ekonomis. Dalam operasi pemboran terdapat beberapa jenis system lumpur yang dapat digunakan seperti lumpur yaitu *fresh water mud*, *salt water mud*, *oil base mud*, dan *gaseous drilling fluid*. Penggunaan system lumpur tersebut tergantung pada kondisi lapangan yang akan dilakukan pengeboran, apakah terdapat masalah yang serius atau tidak, jika masalah yang

terjadi relatif berat maka digunakan lumpur pemboran berbahan dasar *oil base mud* atau *Synthetic oil base mud* (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.4.1 Fresh Water Mud

Fresh water mud merupakan lumpur berbahan dasar air tawar yang kadar garamnya kurang dari 10.000 ppm. Lumpur jenis ini terdiri dari *spud mud* yang digunakan untuk pemboran pada *conductor casing* dan berfungsi untuk membuka lubang di permukaan. *Natural mud* yang terbentuk dari pecahan *cutting* dan digunakan untuk pemboran cepat pada *surface casing*. *Bentonite-treated mud* yang merupakan jenis lumpur paling umum digunakan, terbuat dari campuran dari *bentonite*, *clay*, dan air. *Phosphate-treated mud* yaitu lumpur dengan kandungan *polyphosphate* sebagai pengontrol viskositas dan *gel strength*. *Organic colloid treated mud* yang mengandung tambahan *carboxymethylcellulose* sehingga lumpur ini mampu mengurangi *filtration loss* (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.4.2 Salt Water Mud

Lumpur pemboran air asin atau *salt water mud* adalah lumpur berbasis air dengan kandungan NaCl terlarut sebagai komponen utamanya. Lumpur ini digunakan pada pemboran kubah garam atau lapisan formasi garam dan pada kondisi pengeboran tertentu seperti untuk *shale inhibition*. Jenis pertama lumpur ini yaitu *Unsaturated Salt Water Mud* yang merupakan lumpur dengan kegaraman tidak jenuh dan memiliki sifat *filtrat loss* dan *gel strength* yang tinggi. Fasa cair yang digunakan pada lumpur ini adalah air laut lepas atau dari teluk. Sedangkan untuk jenis yang kedua yaitu *Saturated Salt Water Mud* menggunakan bahan dasar air tawar yang dijenuhkan dengan natrium klorida. Lumpur ini mempunyai *filtrat loss* yang rendah dan bisa dikontrol sampai 1 cc API dengan koloid organik (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.4.3 Oil Base Mud

Jenis lumpur ini menggunakan minyak sebagai fasa kontinyunya dan dengan kadar air yang rendah (3-5%). Manfaat *oil base mud* didasarkan pada kenyataan bahwa filtratnya adalah minyak karena itu tidak akan menghidratkan *shale* atau *clay* yang sensitif baik terhadap formasi biasa maupun formasi produktif. Kegunaan lainnya yaitu untuk membantu melepaskan pemasangan *casing* dan *liner*, melepaskan *drill pipe* yang terjepit, dan untuk kompleks serta *workover* sumur. Sistem lumpur *oil base* baik digunakan untuk formasi dengan *shale* reaktif, formasi dalam dan bertemperatur tinggi, formasi *anhybrid* dan formasi garam, serta pada pemboran formasi yang mengandung hidrogen sulfida dan karbon dioksida.

Sifat-sifat yang perlu diperhatikan dalam jenis lumpur *oil base* adalah berat jenis, *rheology*, *oil water ratio* (OWR), kestabilan listrik, laju tapisan, dan alkalinitas. Oleh sebab sifat khusus yang dimiliki jenis lumpur ini yaitu sebagai campuran dua cairan yang tidak dapat menyatu (minyak dan air), maka diperlukan *emulsifier* atau pengemulsi untuk menjaga agar cairan ini tetap stabil (yaitu untuk menjaga agar fase terdispersi tidak menyatu dan mengendap dari campuran). Efektivitas pengemulsi tergantung pada alkalinitas dan elektrolit (kandungan klorida) dari fase air, dan suhu cairan pengeboran. Sifat-sifat fisik yang dipengaruhi emulsifikasi hanyalah berat lumpur, volume filtrat, tebal mud cake dan pelumasan (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.4.4 Gaseous Drilling Fluid

Lumpur ini digunakan untuk pemboran pada formasi keras dan kering menggunakan gas atau udara. Penggunaan lumpur ini juga baik pada zona *depleted* dan bertekanan rendah sehingga tidak disarankan pada kondisi formasi bertekanan besar. Fluida ini diterapkan untuk meningkatkan laju penembusan karena pengurangan tekanan hidrostatik (Rabia, 2002).

2.5 Polimer

Polimer dapat diartikan sebagai molekul besar yang tersusun dari penggabungan molekul kecil yang disebut dengan monomer. Penggunaan polimer dalam lumpur pemboran yaitu sebagai aditif untuk menyempurnakan kinerja dari lumpur itu sendiri. Polimer dengan berat molekul yang tinggi berperan sebagai pengental (*viscosifiers*) dan penggumpal (*flocculant*) sedangkan yang berat molekulnya rendah sebagai pemecah gumpalan (*deflocculant*). Polimer yang digunakan dalam lumpur pemboran terdiri dari bahan-bahan alami atau sintesis dan biasanya mempunyai berat molekul yang tinggi. (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.6 Jenis Jenis Polimer

Secara umum ada tiga jenis polimer yang digunakan yaitu *extender*, *colloidal polymer*, dan polimer rantai panjang. Polimer ekstender meliputi *sodium polyacrylate* atau yang dikenal dengan BENEX, polimer koloid meliputi *carboxymethyl cellulose* (CMC), *hydroxyethyl cellulose* (HEC), dan *starch*, sedangkan polimer rantai panjang yaitu *xanthan gum* (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

2.6.1 Kelompok Selulosa

Selulosa merupakan senyawa yang tergolong ke dalam kelompok karbohidrat yang terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen. Selulosa merupakan polimer yang relatif stabil dikarenakan adanya ikatan hydrogen, selulosa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air, tidak memiliki titik leleh biasanya ditemukan didalam dinding sel pelindung tumbuhan, terutama pada tangkai batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan memerlukan proses yang Panjang untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin yang tercampur. Serat selulosa memiliki fleksibilitas dan elastisitas yang baik, bagian microfibril banyak mengandung jembatan hydrogen antar molekul selulosa bersifat sangat kuat dan tidak bisa ditembus dengan air, ditemukan rumus kimianya adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. merupakan polimer dari alam yang sudah dimodifikasi yang bertujuan untuk mendapatkan kelarutan dalam air dengan reaksi terhadap gugus OH atau pemutusan ikatan oksigennya (Rabia, 2002), (Rubiandini, 2012).

Contoh Polimer Selulosa

1) CMC (Sodium Carboxymethyl Cellulose)

Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan turunan dari selulosa, limbah yang mengandung selulosa dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan karboksimetil selulosa, bahan yang digunakan tidak hanya dari kayu, telah banyak pengembangan sintesis CMC berbahan dasar bukan kayu, melainkan dari limbah agrikultural seperti kulit buah pisang, nanas, kelapa sawit, jeruk bali, tanaman enceng gondok, dan lain-lain. Pada industri pangan CMC diproduksi dengan kisaran derajat substitusi 0,7-0,9 (Ferdiansyah et al., 2017) Derajat substitusi (Ds) merupakan nilai rata-rata gugus karboksil yang bertukar dengan gugus dari hidroksil disetiap unit monomer anhidroglukosa, dapat diketahui dengan cara mengetahui jumlah senyawa karboksil yang ada dalam setiap monomer selulosa, derajat dari CMC menunjukkan kualitas CMC yang dihasilkan.

Tabel 2.1 Pengelompokan Derajat Substitusi untuk Masing-Masing CMC

Description	LV-CMC	MV-CMC	HV-CMC
Apperance	White or light	yellow powder	freely flowable
Substitution degree, %	0.8 min	0.65 min	0.8 min

- a. CMC sendiri terbentuk dari modifikasi kimia fiber atau pulp pada kayu dan limbah agrikultural yang menghasilkan polimer yang berfungsi sebagai viskositas dan pelindung koloid, tebagi menjadi dua yaitu CMC Hi-Vis (pengentalan tinggi), Low-Vis (Pengental tidak tinggi)

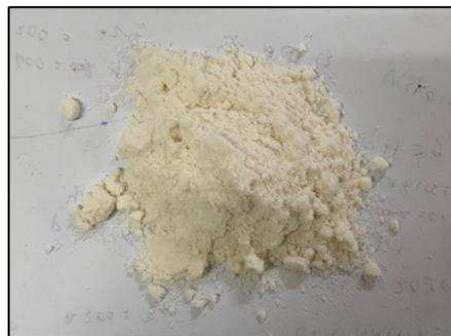
2) Drispac

- a. Memiliki nilai DS yang lebih tinggi dibandingkan dengan CMC
- b. Memiliki nilai kesadahan yang lebih tinggi di bandingkan CMC
- c. Mempunyai kemampuan pengental yang tinggi didalam air asin
- d. Kemampuan mencegah pengembangan shale dengan melapisi dinding lubang ampas yang impermeable



Gambar 2.1 CMC

Berikut merupakan gambar dari Drispac yang di gunakan pada penelitian di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi.



Gambar 2.2 Drispac

2.6.2 Kelompok Polisakarida

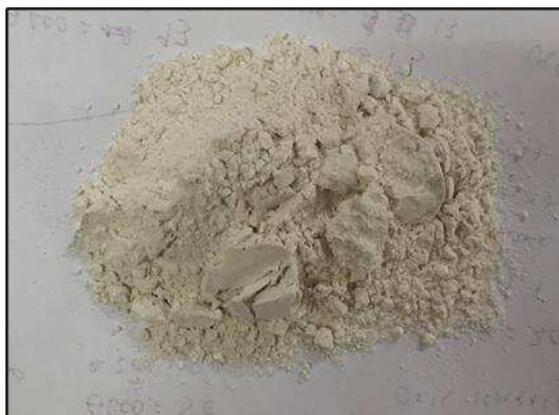
Polisakarida adalah polimer jenis karbohidrat yang terdiri dari rantai sub-unit gula yang disebut monosakarida. Susunan atom polisakarida hanya meliputi atom karbon, hidrogen, dan oksigen. Salah satu contoh pada kelompok polisakarida adalah *starch* atau pati. Pati merupakan molekul alam yang sering ditemukan di berbagai tumbuhan, umumnya berasal dari jagung, kentang, tapioka, dan gandum. Jenis polimer ini dipeptisasi atau dimatangkan secara kimiawi atau melalui paparan panas sampai temperatur 140-180°F yang akibatnya membuat kebanyakan pati memiliki kandungan dua polisakarida yaitu amilosa dan amilopektin. *Starch* bersifat *non-ionic* dan larut dalam cairan elektrolit tinggi. Dalam operasi pemboran *starch* digunakan sebagai pengontrol tapan dan dapat dipakai dalam berbagai sistem fluida seperti air asin, lumpur KCl, dan *lime muds*. Kelemahan dari *starch* adalah tidak tahan bakteri kecuali berada pada sistem lumpur pH tinggi. (Rabia, 2002).

Contoh Polimer Polisakarida (Amoco, 1994).

1. Starch

- a. Starch merupakan zat aditif yang terbuat dari jagung yang bersifat tidak meng-ion, larut didalam cairan elektrolit tinggi.
- b. Penggunaan starch digunakan sebagai pengontrol laju tapan dan juga berfungsi sebagai pengental
- c. Tidak tahan di suhu lebih dari 250 °F dan mudah rusak oleh bakteri
- d.

Berikut merupakan gambar dari Starch yang digunakan pada penelitian di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi.



Gambar 2.3 *Starch*

2.6.3 Kelompok Biopolimer

Kelompok biopolimer merupakan bagian dari kelompok polisakarida yang dalam proses pembentukannya melibatkan bakteri *Xanthomonas Campestris*. Contoh kelompok biopolimer adalah *Xanthan Gum* yang merupakan produk dari bakteri *Xanthomonas Campestris* pada gula. Sebagai polimer polisakarida, *xanthan gum* memiliki keuntungan berupa kelarutannya yang tinggi, stabilitas termo, viskositas tinggi yang diikuti dengan kemampuan *shear thinning* yang tinggi, dan kemampuannya untuk membentuk struktur *gel*. Fungsi lainnya berupa pengental, penstabil, dispersan, dan bahan pelapis. (Amoco, 1994) (Cowd, 1991).

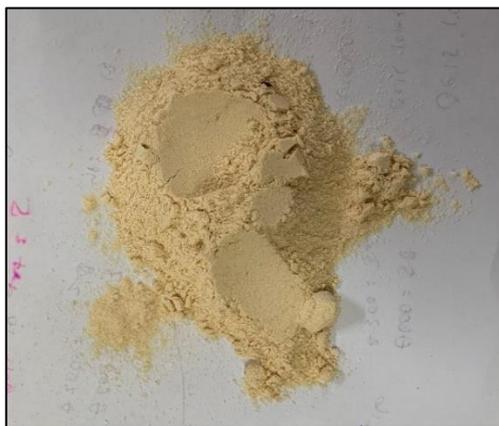
Biopolymer berguna untuk mengontrol atau meningkatkan viskositas, *plastic viscosity*, *yield point*, dan *gel strength*. Keuntungannya yang mampu menghasilkan fluida dengan *shear thinning* yang tinggi membuat viskositas larutan dengan polimer ini mendekati viskositas air, namun tidak mampu mengontrol laju tapisan dan pada pH yang tinggi dapat terkontaminasi dengan Ca^{2+} . Berikut merupakan contoh polimer kelompok biopolimer yaitu XC-Polimer.

Contoh dari kelompok Biopolimer adalah XC Polymer

1. XC Polymer

- a. Sebagai pengental dalam lumpur air tawar dan juga berfungsi sebagai penahan materi pemberat (*weight suspending agent*)
- b. Kontaminasi dengan Ca^{2+} akan mengendapkan XC polimer di dalam fluida pemboran
- c. Menggunakan XC Polimer yaitu mampu menghasilkan fluida yang paling *shear thinning*, sehingga viskositas larutan XC Polimer akan mendekati viskositas air pada daerah laju gesek pahat, dan juga dapat terdegradasi pada suhu 225 °F, kurang mempunyai kemampuan pengontrol laju tapisan.

Berikut merupakan gambar dari XC Polymer yang digunakan pada penelitian di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi.



Gambar 2.4 XC Polymer

2.6.4 Kelompok Poliakrilat

Kelompok poliakrilat merupakan reaksi dari katalisa pada hidrolisa senyawa asetilin dengan HCN dengan katalis $\text{Cn}_2\text{Cl}_2\text{H}_2\text{O}$ yang menghasilkan gugus akriconitril akrilonida dan asam akrilat yang merupakan gugus monomer dari polimer poliakrilat, contoh polimer dari kelompok poliakrilat adalah PHPA (*Partially Hydrolyzed Poly Alrylanida*) (Amoco, 1994).

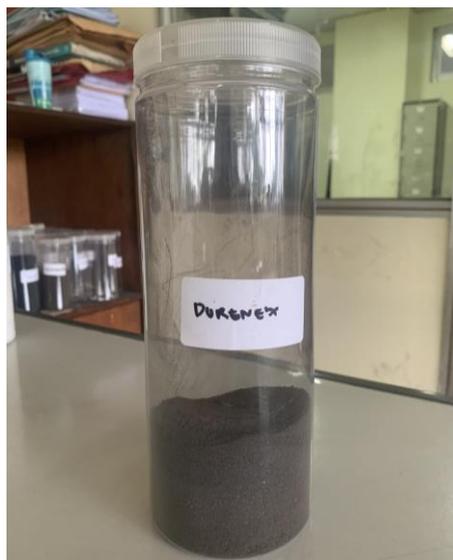
PHPA (*Partially Hydrolyzed Poly Alrylanida*), PHPA digunakan sebagai pengontrol laju tapisan dapat juga sebagai peningkatan daya guna bentonite, flokulan, pelindung koloid, pemecah gumpalan dan dapat bertahan sampai suhu sekitar 400 °F. Berikut merupakan gambar dari PHPA yang digunakan pada penelitian di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi.



Gambar 2.5 PHPA (*Partially Hydrolyzed Anionic Polyacrylamide*)

2.6.5 Kelompok Polimer Resin

Secara kimiawi, resin adalah campuran yang kompleks dari asam-asam resinat, alkoholresinat, resinotannol, ester-ester dan resene-resene. Polimer ini merupakan jenis kopolimer dari lignosulfonat dengan zat resin urea fenolformaldehid yang disulfonasi sehingga menghasilkan senyawa polimer resin pengontrol tapan paling stabil pada temperatur tinggi dan tidak menimbulkan pengentalan. Contoh kelompok polimer resin adalah resinex atau durenex. ((Rabia, 2002) .Berikut merupakan gambar dari polimer durenex.



Gambar 2.6 Kelompok Polimer Resin

2.7 Fungsi Polimer pada Lumpur Pemboran

Penambahan polimer pada suatu sistem lumpur pemboran berguna untuk memaksimalkan performa lumpur hingga mencapai target pemboran yang diharapkan. Beberapa fungsi penambahan polimer ke dalam suatu sistem lumpur yaitu sebagai berikut

2.7.1 *Viscosifier* (Pengental)

Polimer merupakan salah satu aditif lumpur pemboran yang efektif dalam mengontrol nilai viskositas lumpur. Polimer *viscosifier* adalah polimer yang memiliki berat molekul tinggi, bercabang, dan larut dalam air. Kemampuan polimer dalam meningkatkan viskositas dipengaruhi oleh interaksi antara molekul polimer dan air, polimer itu sendiri, dan polimer dan padatan. Polimer yang digunakan sebagai *viscosifier* contohnya XCD Polimer dan polimer *guard gum*. (Rabia, 2002)

2.7.2 Peningkatan daya guna bentonite (*bentonite extender*)

Peningkatan daya guna *bentonite* bekerja dengan menghubungkan atau *cross-linking* partikel *bentonite* sehingga interaksi fisik antar partikel meningkat. Polimer dengan anion tinggi mampu meningkatkan viskositas dan gel strength di dalam konsentrasi padatan 4% dan konsentrasi < 20 ppb. Polimer jenis ini dapat menempel pada ujung lempung dan mengembang sehingga luas permukaan akan bertambah dan dengan sendirinya menaikkan viskositas. (Amoco, 1994)

2.7.3 Penggumpal (*Flocculant*)

Flokulasi yang dimaksud yaitu proses pemisahan atau pengambilan cutting yang sudah menyatu dan berukuran lebih besar. Flokulan adalah polimer molekul anionik yang mampu mengikat padatan yang dihasilkan oleh serbuk bor agar menggumpal sehingga memudahkan pengambilan dengan cara penyaringan atau pengendapan. (Amoco, 1994).

2.7.4 Pengontrol laju tapisan

Laju tapisan atau *water loss* merupakan perembesan air ke dalam formasi dinding lubang bor yang permeabel. Hal ini dipengaruhi oleh tekanan, temperatur, dan campuran padatan dan cairan seperti lumpur. Polimer yang cukup efektif dalam mengontrol filtrasi antara lain *starch*, CMC, PAC, dan *poliakrilat terhidrolisis*. Pengontrolan laju tapisan dilakukan dengan penyumbatan oleh polimer itu sendiri. Polimer anionik mampu mengontrol laju tapisan dengan mengentalkan fluida dan membatasi masuknya filtrat ke dalam formasi melalui *mud cake* yang terbentuk. Sedangkan untuk polimer nonionik bekerja dengan menghidrasi dan menyumbat pori-pori pada *mud cake* (Inteq, 1995),(Rabia, 2002)

2.7.5 Aditif penstabil *shale*

Aditif penstabilan *shale* digunakan untuk menjaga formasi *shale* agar tidak runtuh ke dalam lubang bor. Penstabilan ini dilakukan dengan pola kerja pertama yaitu *Coating* dimana terjadi pengikatan polimer pada partikel bermuatan positif formasi *shale* sehingga mengurangi kontak fluida dengan formasi *shale* dan meminimalisir hidrasi dan dispersi air terhadap lempung. Kemudian pola kerja Osmosa yang mengandalkan garam terlarut untuk mengabsorpsi air dalam *shale*. (Rabia, H., 2002)

2.7.6 Mencegah *scale* (kerak)

Kerak merupakan endapan dari senyawa-senyawa anorganik yang menimbun pada permukaan suatu substansi. Kerak terbentuk karena telah mencapai keadaan larutan lewat jenuh di mana beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Apabila ukuran inti kristal menjadi lebih besar dari inti kritis, pertumbuhan kristal akan dimulai dari kristal kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar sehingga terjadi penebalan lapisan kerak. Kristal-kristal yang terbentuk mempunyai muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Lestari, 2008). Penghambatan *scale* ladang minyak adalah proses mencegah pembentukan *scale* dari memblokir atau menghalangi aliran fluida melalui pipa, katup, dan pompa yang digunakan dalam produksi minyak dan pengolahan. Penggunaan polimer asam akrilat, polimer asam maleat, dan fosfonates umum untuk sistem air karena kelarutan baik dan stabilitas termal. (Amoco, 1994)

2.7.7 Pemakaian dalam lumpur berat *non-disperse*

Perbedaan mendasar antara lumpur terdispersi dan tidak terdispersi adalah tidak adanya pendispersi (*dispersant*). Lumpur pemboran yang tidak terdispersi tidak memerlukan pH yang tinggi dan tidak mengandung *dispersant*. Akibatnya, lumpur ini kurang toleran terhadap padatan dan kontaminasi. *Fluid loss control* dan viskositas pada lumpur ini dipertahankan melalui polimer dan sangat rentan terhadap kontaminasi dari formasi, gas, dan cairan. Salah satu contoh polimer yang digunakan untuk menjaga kestabilan lumpur yaitu KCl polimer. Pemakaian KCl polimer dapat membantu lumpur mencapai viskositas maksimum dan kandungan padatan yang minimum. (Rabia, H., 2002)

2.7.8 Pemecah gumpalan (Deflokulan)

Dalam pemboran suatu sumur dengan temperatur tinggi, terjadi flokulasi *clay*. Flokulasi bergantung pada kandungan dan konsentrasi *solid* dalam lumpur serta tingkat deflokulasi kimiawi. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meminimalkan pengaruh temperatur tinggi terhadap sifat fisik lumpur pemboran adalah dengan menjaga kadar padatan minimum, *treatment* dengan *deflocculant* yang stabil pada temperatur tinggi, dan menjaga pH cukup tinggi untuk menjaga *deflocculant* selama digunakan. Untuk lumpur pemboran dengan limbah berdensitas tinggi, efek flokulasi dari flokulan kopolimer kation berbasis pati secara signifikan bersifat lebih baik daripada koagulan lain. (Amoco, 1994)

2.8 Bonggol Jagung Sebagai Aditif Lumpur Pemboran

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber energi biomassa, salah satu sumbernya adalah limbah pertanian yang di dalamnya termasuk limbah bonggol jagung. Menurut data Kementerian Pertanian, dalam lima tahun terakhir produksi jagung di Indonesia meningkat hingga mencapai rata-rata produksi 28.92 juta ton. Produksi jagung yang surplus tersebut berpotensi menghasilkan limbah bonggol jagung yang berlimpah dan dapat berakibat buruk terhadap lingkungan. Adapun beberapa contoh pemanfaatan limbah jagung yang telah dilakukan mulai dari bahan bakar alternatif untuk pembuatan briket arang hingga pemanfaatannya pada operasi *cementing* pemboran. Keberhasilan aditif bonggol jagung, dalam bentuk *Corn Cob Ash* (CCA), yang mampu meningkatkan *compressive strength* pada semen (Adesanya & Raheem, 2009) patut untuk dijadikan dorongan untuk melihat pengaruh dari aditif tersebut sebagai *Environmentaly Friendly Drilling Fluid Additives* (EFDFA) terhadap lumpur pemboran *water-based*.

Tabel 2.2 Bio products chemical composition, morphology and suitability in HPHT. (Borah & Das, 2022)

Nama	Komposisi kimia	Morfologi
Bonggol Jagung	Selulosa 41,27%, Hemiselulosa 46%, Lignin 7,40%	20 µm, bentuknya tidak beraturan dari bulat ke poligonal

Dilihat dari sifat fisik kimia bonggol jagung yang mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa cukup tinggi, bahan lokal dan mudah ditemukan ini layak untuk diuji dan dilihat kinerjanya terhadap

lumpur pemboran. Polimer alami merupakan polimer yang dihasilkan dari monomer organik seperti pati, karet, kitosan, selulosa, protein dan lignin (Coniwanti et al., 2015) Selulosa merupakan polisakarida yang terbentuk secara alami dalam tumbuhan dan merupakan kandungan polimer alami yang paling melimpah di bumi (Bambang, H & Arnata, I, 2015). Sedangkan hemiselulosa dan lignin merupakan kandungan lain yang dapat ditemukan pada tumbuhan (Rudin & Choi, 2012). Lignin berfungsi sebagai pelindung selulosa dan hemiselulosa dari kerusakan kimia dan fisika dan kandungan lignin yang rendah akan membantu meningkatkan absorpsi air oleh *fiber* bonggol jagung sehingga filtrat yang dihasilkan semakin kecil. (Nmegbu et al., n.d.), (Reddy & Yang, 2005)

Nanopartikel selulosa yang terkandung pada bonggol jagung dapat meningkatkan nilai rheologi lumpur pemboran berupa PV, *yield point*, dan *gel strength*. Dimana rheologi beserta *filtration loss* merupakan dua aspek vital untuk menentukan kesuksesan operasi pemboran. Hasil evaluasi penggunaan bonggol jagung sebagai salah satu EFDFA menunjukkan hasil yang menjanjikan dimana filtrat dan *mud cake* lumpur berkurang dibandingkan lumpur tanpa penambahan bonggol jagung. (Al-Saba et al., 2018)

Kandungan senyawa jagung dapat dilihat dari hasil pengujian *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX) yang berdasar pada metode spektroskopi dimana akan terjadi interaksi antara sinar-X dengan atom dan molekul. Hasil uji EDX pada tabel II.2 menunjukkan dua elemen unsur kimia antara lain *Carbon* sebesar 77.91% dan *Oxygen* sebesar 22.08%. Kandungan C yang dominan menunjukkan kemampuan bonggol jagung untuk dijadikan bahan polimer alam. Polimer alam umumnya adalah bahan yang memiliki rantai utama elemen karbon (Natalia, Setyowati, & Suryo, 2016). Adanya dua elemen karbon dan oksigen yang dominan mengindikasikan karakteristik polimer polisakarida yang tersusun dari atom karbon, oksigen, dan hidrogen.

Tabel 2.3 Komposisi EDX Jagung. (EDS Institut Teknologi Bandung, 2019)

Elemen	Persentase (%)
C	77.91
O	22.08

Bonggol jagung memiliki kandungan elemen dan komposisi kimia yang sama seperti polimer alami polisakarida. *Starch* merupakan golongan polimer polisakarida yang terbuat dari jagung dan pemakaian utamanya adalah mengontrol tapanan tanpa menimbulkan efek mengencerkan lumpur Dalam operasi pemboran, aditif polimer polisakarida digunakan untuk mengontrol viskositas, PV, YP, dan *gel strength* hingga mengurangi *filtration loss* lumpur. Dengan pendekatan ini maka bonggol jagung diharapkan mampu berperilaku dan memiliki dampak positif yang sama layaknya aditif golongan polimer polisakarida seperti *starch*.

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 pembuatan sample penelitian ini adalah di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental di laboratorium untuk membuat sample polimer dari bahan limbah bonggol jagung. Pada penelitian akan membuat polimer berbahan dasar limbah kulit pisang, setelah itu polimer tersebut akan dilakukan pengujian sample dengan pengaruh temperatur yaitu temperatur 80°F – 200°F. Pengujian sample tersebut berupa pengujian sifat fisik pada suatu lumpur dasar yaitu (Densitas, Viskositas, Plastik Viskositas, Yield point, Gel strength, Filtration loss, mud cake, dan pH

3.3. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif, dimana data yang diperoleh merupakan data obyektif dari hasil pengamatan dan pengujian lumpur berbahan dasar dengan penambahan konsentrasi aditif polimer bonggol jagung yang dilakukan di laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi. Kumpulan data tersebut akan diolah dan dianalisa sehingga suatu kesimpulan atas sebab akibat dari beberapa variable dapat ditentukan.

Variabel yang dimaksud adalah hasil nilai sifat fisik yang di uji yaitu Densitas, Viskositas, Plastik Viskositas, Yield point, Gel strength, Filtration loss, mud cake, dan pH. Data tersebut merupakan hasil pengujian sampel lumpur yang telah ditambahkan dengan aditif polymer bonggol jagung secara berkala sesuai dengan batasan atau spesifikasi yang telah ditentukan oleh penulis, hal ini dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh yang dimiliki aditif bonggol jagung terhadap sifat fisik lumpur yang di uji. Pengaruh penambahan aditif kulit pisang akan di amati pada temperatur 80°F – 200°F.

Pengolahan dan interpretasi pada analisa data ini diharapkan dapat menentukan kelayakan aditif bonggol jagung sebagai alternatif aditif ramah lingkungan pada lumpur berbahan dasar air. Pemanfaatan aditif ini dapat menjadi salah satu alternatif penggunaan bahan aditif yang ramah lingkungan dan mengurangi penggunaan aditif kimiawi yang berbahaya terhadap lingkungan

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator capaian yang akan dilakukan pada penelitian pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai jenis natural polymer pada lumpur berbahan dasar air adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penggunaan limbah bonggol jagung sebagai jenis aditif polymer pada suatu lumpur pemboran.
2. Mengetahui dampak dari penggunaan limbah bonggol jagung pada lumpur pemboran.
3. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap konsentrasi terhadap setiap sample lumpur pemboran.
4. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung pada setiap perubahan temperatur terhadap setiap sample lumpur pemboran.
5. Mengetahui pengaruh limbah bonggol jagung terhadap sifat fisik lumpur pemboran.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan sampel dan pengujian laboratorium mengenai pengaruh penambahan aditif bonggol jagung terhadap sifat fisik pada lumpur berbahan dasar air. Sampel yang diteliti merupakan tiga sampel dengan komposisi bonggol jagung yang berbeda, dimulai dari 1,5 gram, 3 gram, dan 4,5 gram. Pengujian sample tersebut dilakukan untuk menunjukkan pengaruh aditif terhadap performa lumpur pada setiap penambahan komposisinya, baik di temperatur 80°F maupun 200°F. Sifat fisik dari ketiga sampel lumpur tersebut akan diuji pada temperatur 80°F, dimana pengujian dilakukan secara bertahap dimulai dari sampel dengan komposisi aditif terendah hingga tertinggi (Sampel satu, Sampel dua, dan Sampel tiga). Variabel yang diuji pada penelitian ini adalah viskositas, *plastic viscosity*, *yield point*, *gel strength*, *filtration loss*, serta *mud cake* yang terbentuk. Pengujian ketiga sampel akan dilanjutkan pada temperatur lebih tinggi (200°F) saat sampel yang diuji pada temperatur ruangan (80°F) telah memenuhi standar spesifikasi lumpur yang digunakan (API *Specification 13A*, 2015). Hasil uji sampel diharapkan mampu memenuhi kriteria lumpur berbahan dasar air dan dapat menangani *filtration loss* pada lumpur. Sebagai upaya untuk memenuhi standar internasional spesifikasi API lumpur pemboran, maka hasil uji ketiga sampel lumpur harus berada di bawah nilai maximum yaitu 15 ml untuk *filtration loss*, 65 cp untuk *plastic viscosity*, dan *yield point* yang tidak melebihi tiga kali nilai *plastic viscosity* setiap sampel. (API *Specification 13A*, 2015)

Pembuatan ketiga sampel lumpur hanya dibedakan pada komposisi bonggol jagung yang ditambahkan, dengan penambahan 1,5 gram pada setiap sample. Ini dilakukan untuk mengetahui analisa pengaruh aditif terhadap rheologi dan *filtration loss* lumpur dimana diharapkan nilai plastik viskositas tidak melebihi *yield point*, nilai *gel strength* yang baik untuk pengangkatan serbuk bor, dan nilai *filtration loss* yang berkurang setiap penambahan bonggol jagung di dua temperatur yang berbeda. Meningkatnya kemampuan pengontrolan filtrasi menunjukkan efektivitas hidrasi aditif di dalam air (Hamid & Rangga Wastu, 2017). Di bawah ini merupakan komposisi tiga sampel yang diteliti.

Tabel 4.11 Komposisi Lumpur Sampel Satu

Nama Bahan	S.G	Weight (gram)	Volume (ml)	% Vol (350 ml)
Air (ml)	1	343	343	97,95
Caustic Soda (gr)	2,13	0,10	0,05	0,01
Bentonite (gr)	2,60	15	5,80	1,65
Corn Cob (gr)	1,10	1,5	1,40	0.39
Total			350	100

Komposisi lumpur sampel dua dengan penambahan 1,5 gram aditif bonggol jagung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Komposisi Lumpur Sampel Dua

Nama Bahan	S.G	Weight (gram)	Volume (ml)	% Vol (350 ml)
Air (ml)	1	341	341	97,5
Caustic Soda (gr)	2,13	0,10	0,05	0,01
Bentonite (gr)	2,6	15	5,8	1,65
Corn Cob (gr)	1,10	3	2,7	0,78
Total			350	100

Sampel terakhir yang dibuat untuk menguji rheologi dan *filtration control*-nya adalah sampel tiga dengan komposisi aditif sebesar 3 gram. Komposisi sampel tiga dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Komposisi Lumpur Sampel Tiga

Nama Bahan	S.G	Weight (gram)	Volume (ml)	% Vol (350 ml)
Air (ml)	1	340	340	97,17
Caustic Soda (gr)	2,13	0,10	0,05	0,01
Bentonite (gr)	2,6	15	5,8	1,65
Corn Cob (gr)	1,10	4,5	4,1	1,17
Total			350	100

IV.1 Hasil Pengamatan Laboratorium

Pengujian dan pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti meliputi pengamatan sifat fisik pada lumpur dengan penambahan aditif bonggol jagung pada temperatur 80°F dan 200°F.

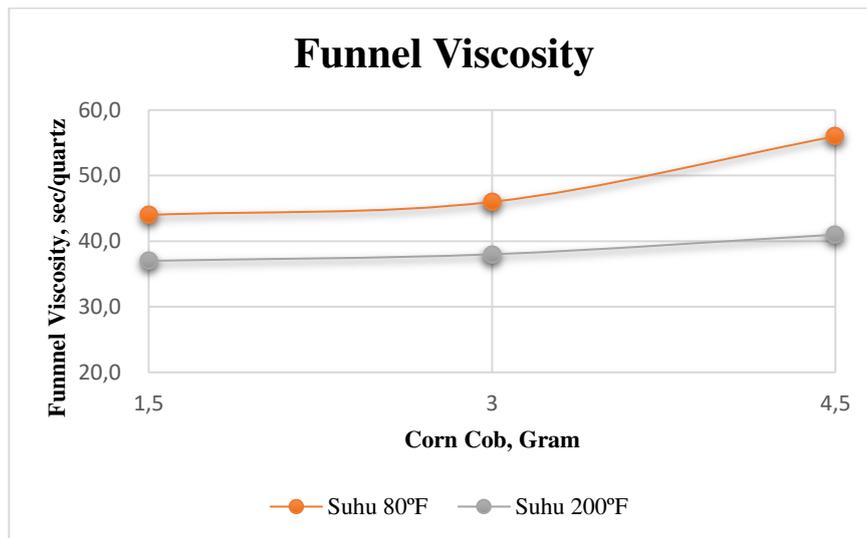
IV.1.1 Funnel Viscosity

Viskositas lumpur merupakan tahanan dari fluida lumpur terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan antara partikel yang terkandung di dalam lumpur tersebut. Nilai viskositas diukur dengan menggunakan alat *marsh funnel* dimana waktu yang dibutuhkan lumpur untuk melewati corong akan ditetapkan sebagai nilai *funnel viscosity* dalam satuan sec/quartz. Viskositas lumpur dapat dilihat dari kecepatan lumpur melewati *marsh funnel*, lumpur yang *viscous* akan membutuhkan waktu lebih lama untuk keluar dari corong dibanding lumpur yang encer. Nilai tersebut berperan penting terhadap performa lumpur dalam mengangkat *cutting* ke permukaan, semakin tinggi viskositas maka semakin baik kemampuannya mengangkat *cutting*. Pada tabel 4.4 dapat dilihat untuk setiap penambahan 1,5 gram aditif bonggol jagung di temperatur 80°F, viskositas dari lumpur mengalami kenaikan. Begitupun pada temperatur yang lebih tinggi setiap penambahan menunjukkan peningkatan nilai viskositas lumpur. Di bawah ini merupakan tabel dan grafik hasil pengamatan nilai viskositas tiga sampel lumpur bonggol jagung pada temperatur 80°F dan 200°F.

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Viskositas

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	44	37	Sec/quartz
II	46	38	Sec/quartz
III	56	41	Sec/quartz

Grafik hasil pengamatan *funnel viscosity* lumpur pada suhu 80°F dan 200°F dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengamatan Viskositas

Berdasarkan pada tabel 4.4 dan gambar 4.1 untuk temperatur 80°F viskositas sampel satu dengan komposisi bonggol jagung 1,5 gram bernilai 44 sec/quartz, sampel dua bernilai 46 sec/quartz, dan sampel tiga mendapatkan nilai viskositas sebesar 56 sec/quartz. Setiap penambahan 1,5 gram bonggol jagung viskositas mengalami kenaikan sebesar 2 sec/quartz pada sampel dua dan 10 sec/quartz pada sampel tiga. Penambahan bonggol jagung pada lumpur pemboran berbahan dasar air menyebabkan kenaikan nilai viskositas dari sampel lumpur. ini terjadi karena adanya kandungan selulosa dan padatan di dalam lumpur sehingga memperbesar tahanan aliran fluida. Pada setiap penambahan 1,5 gram aditif di temperatur 200°F viskositas mengalami peningkatan dengan nilai yang lebih kecil dari sampel di suhu 80°F. Hasil pengamatan di suhu 200°F menunjukkan nilai viskositas sampel satu sebesar 37 sec/quartz, sampel dua sebesar 38 sec/quartz, sampel tiga sebesar 41 sec/quartz. Pengaruh kenaikan temperatur menyebabkan menurunnya keefektifan bonggol jagung sebagai polimer natural yang rentan terhadap temperatur tinggi. Penurunan nilai viskositas lumpur juga dapat diakibatkan oleh berkurangnya kandungan padatan yang mengendap saat proses *hot-rolling* dilakukan.

IV.1.2 Plastic Viscosity

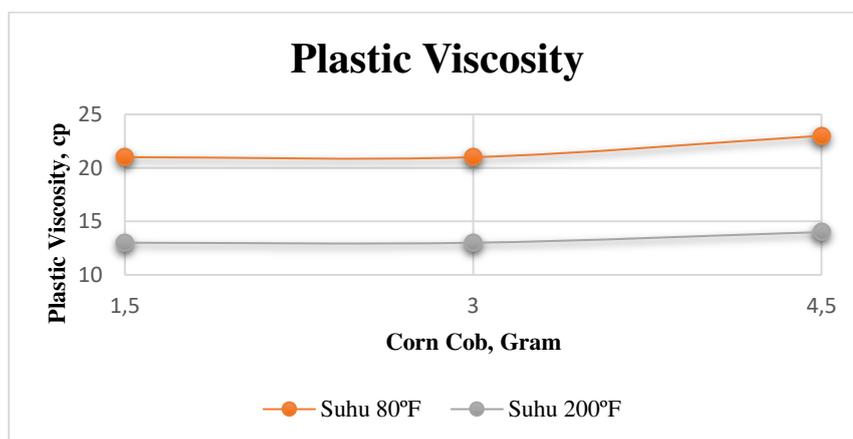
Plastic viscosity merupakan tahanan atau hambatan fluida terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan antara padatan di dalam lumpur. Konsentrasi dari padatan, ukuran, bentuk padatan, serta viskositas dari lumpur dapat mempengaruhi nilai viskositas plastik. Nilai plastik viskositas dapat diatur dengan pengendalian kontaminan padatan pada lumpur atau viskositas fluida tersebut. Pengukuran

viskositas plastik dilakukan dengan pembacaan *dial reading* 600 RPM dikurangi dengan pembacaan *dial reading* 300 RPM. Dapat dilihat pada table 4.5 nilai plastik viskositas sampel tiga mengalami kenaikan setelah dilakukan penambahan aditif bonggol jagung dimana pada temperatur 80°F, viskositas naik sebesar 2 sec/quartz sedangkan pada temperatur 200°F sebesar 1 sec/quartz. Di bawah ini merupakan tabel dan grafik hasil pengamatan viskositas plastik dari tiga sampel lumpur bonggol jagung di temperatur 80°F dan 200°F.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Plastik Viskositas

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	21	13	Sec/quartz
II	21	13	Sec/quartz
III	23	14	Sec/quartz

Tabel 4.5 dan gambar 4.2 terdapat kenaikan pada pengujian viskositas plastik untuk sampel ketiga dengan komposisi bonggol jagung sebanyak 4,5 gram. Pada temperatur 80°F sampel satu dan dua bernilai 21 cp sedangkan sampel tiga bernilai 23 cp. Diikuti dengan hasil pengamatan di temperatur 200°F, sampel satu dan dua bernilai 13 cp dan sampel tiga bernilai 14 cp.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengamatan Plastik Viskositas

Peningkatan ini disebabkan oleh adanya pengaruh kandungan lignin dan selulosa yang dimiliki pada sample bonggol jagung sebagai aditif terhadap lumpur berbahan dasar air. Lignin dan selulosa mampu meningkatkan kapasitas absorpsi air sehingga terjadi agregasi pada interlayer lumpur yang kemudian menghasilkan lumpur yang lebih *viscous* (Ahmed-Haras et al., 2013). Ketiga sampel lumpur berhasil memperoleh nilai viskositas plastik di bawah nilai maksimal API yaitu kurang dari 65 cp untuk lumpur berbahan dasar air. (American Petroleum Institute, 2010)

IV.1.3 Yield Point

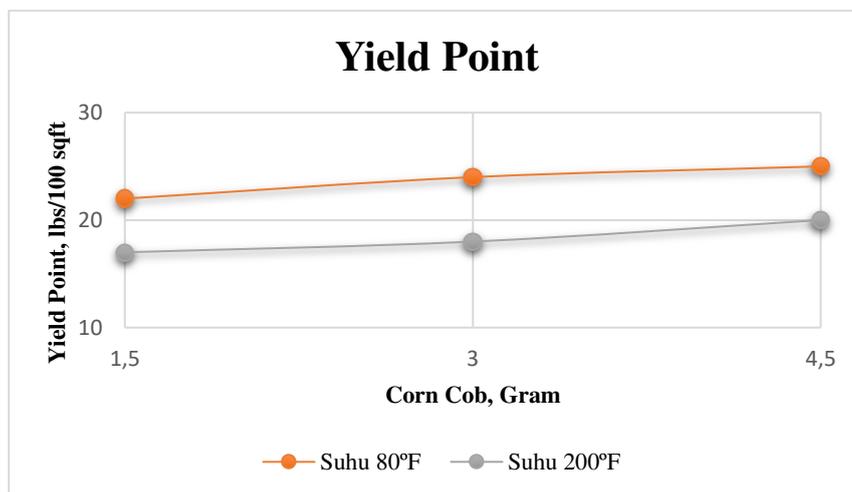
Yield point merupakan resistensi dari fluida untuk mengalir akibat gaya tarik menarik antara partikel lumpur yang bermuatan energi positif dan negatif saat lumpur disirkulasikan. Nilai *yield point* mengindikasikan gaya dinamik dari lumpur untuk menahan dan membawa serbuk bor ke permukaan. Pengukurannya dapat langsung menggunakan alat fann vg meter dengan mengurangi nilai viskositas plastik dengan nilai pembacaan *dial reading* 300 RPM. Pengaruh penambahan 1,5 gram bonggol

jagung pada sampel lumpur menunjukkan adanya kenaikan nilai *yield point* baik pada temperatur 80°F maupun 200°F. Setelah ditambahkan 1,5 gram aditif, sampel dua mengalami kenaikan nilai *yield point* sebesar 2 Lbs/100 sqft menjadi 24 lbs/100 sqft dan sampel tiga terdapat kenaikan 32 Lbs/100 sqft menjadi 25 lbs/100 sqft. Kenaikan temperatur menyebabkan nilai *yield point* yang didapatkan pada temperatur 200°F lebih kecil yaitu 17 Lbs/100 sqft, 18 Lbs/100 sqft, dan 20 Lbs/100 sqft. Berikut merupakan tabel dan grafik hasil pengamatan nilai *yield point* yang dimiliki sampel lumpur dengan penambahan bonggol jagung.

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Yield Point

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	22	17	Lbs/100 sqft
II	24	18	Lbs/100 sqft
III	25	20	Lbs/100 sqft

Grafik hasil pengamatan *yield point* lumpur pada temperatur 80°F dan 200°F dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengamatan Yield Point

Nilai *yield point* yang naik pada setiap penambahan aditif bonggol jagung baik pada temperatur 80°F maupun 200°F menunjukkan kemampuan aditif bonggol jagung dalam memodifikasi nilai *yield point* menjadi lebih tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan selulosa yang dimiliki bonggol jagung dan pengaruhnya terhadap rheologi lumpur berbahan dasar air. Adanya peningkatan kontaminan dalam lumpur juga mempengaruhi nilai *yield point* lumpur yang semakin besar.

IV.1.4 Gel Strength

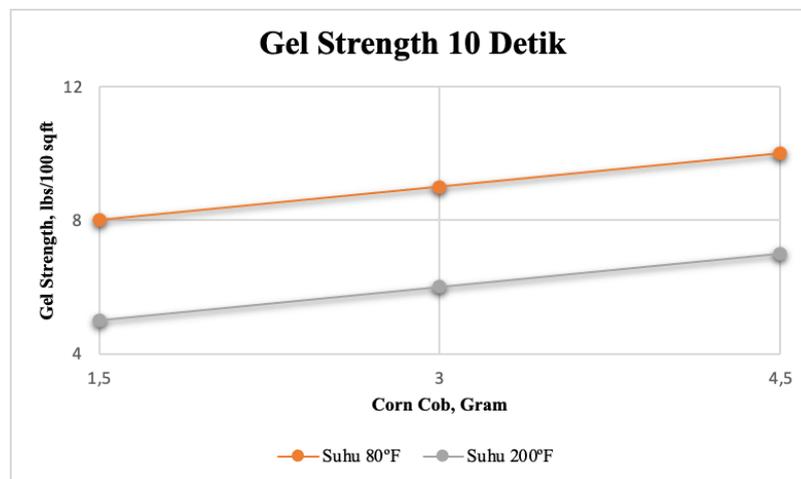
Gel strength merupakan kemampuan lumpur untuk membentuk gel dan menahan *cutting* saat sirkulasi dihentikan. Hal ini diakibatkan oleh gaya tarik menarik partikel di dalam sistem lumpur saat keadaan statis. Nilai *gel strength* harus diperhatikan karena *gel strength* yang kecil akan mengakibatkan pengendapan serbuk bor saat sirkulasi berhenti. Sebaliknya, jika *gel strength* terlalu besar maka pompa akan mengalami kesulitan untuk memulai sirkulasi kembali. Pengukuran *gel strength* dilakukan dengan alat fann vg meter selama 10 detik dan 10 menit. Berikut merupakan tabel dan grafik hasil pengamatan nilai *gel strength* sampel lumpur dengan penambahan bonggol jagung di

temperatur 80 dan 200

Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Detik

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	8	5	Lbs/100 sqft
II	9	6	Lbs/100 sqft
III	10	7	Lbs/100 sqft

Hasil pengamatan nilai *gel strength* 10 detik dari tiga sampel lumpur di temperatur 80°F dan 200°F menunjukkan adanya peningkatan nilai gel strength yang terjadi setelah penambahan komposisi aditif bonggol jagung sebanyak 1,5 gram. Nilai ketiga sampel pada temperatur 80°F berturut-turut adalah 8, 9, dan 10 lbs/100 sqft. Sedangkan pada temperatur 200°F nilai *gel strength* lebih kecil yaitu sebesar 5, 6, dan 7 lbs/100 sqft. Peningkatan *gel strength* di dua temperatur berbeda menunjukkan sifat bonggol jagung yang mampu menaikkan gaya tarik menarik lumpur dalam keadaan statis akibat kandungan yang dimiliki bonggol jagung yaitu selulosa. Adapun grafik hasil pengamatan *gel strength* 10 detik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



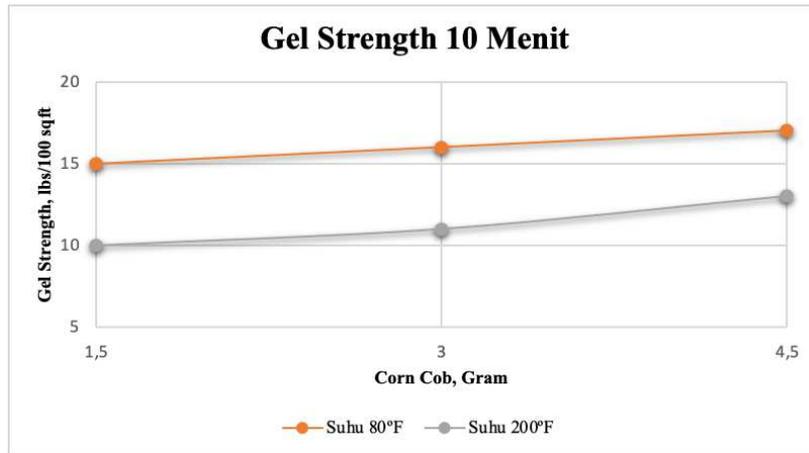
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Detik

Pada temperatur yang lebih tinggi keefektifan natural polimer cenderung akan menurun, dapat dilihat dari nilai *gel strength* pada temperatur 200°F yang lebih kecil dari *gel strength* pada temperatur 80°F. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan dari *roller oven* yang mengendapkan kandungan padatan lumpur sehingga gaya tarik menarik antar partikel menurun. Adapun tabel dan grafik hasil pengamatan nilai *gel strength* 10 menit dari sampel lumpur dengan penambahan bonggol jagung di temperatur 80°F dan 200°F di bawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Menit

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	15	10	Lbs/100 sqft
II	16	11	Lbs/100 sqft
III	17	13	Lbs/100 sqft

Di bawah ini merupakan grafik hasil pengamatan *gel strength* 10 menit pada temperatur 80°F dan 200°F.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengamatan Gel Strength 10 Menit

Pada tabel 4.8 dapat dilihat data nilai *gel strength* 10 menit yang mengalami peningkatan pada setiap penambahan aditif bonggol jagung. Pada temperatur 80°F sampel satu memiliki nilai *gel strength* sebesar 15 lbs/100 sqft, sedangkan sampel dua dan tiga mengikuti dengan nilai 16 dan 17 lbs/100 sqft. Penurunan nilai *gel strength* terjadi pada pengamatan sampel lumpur di temperatur 200°F dimana sampel satu memiliki nilai *gel strength* 10 lbs/100 sqft, sampel dua 11 lbs/100 sqft dan sampel tiga bernilai 13 lbs/100 sqft.

Meningkatnya nilai *gel strength* lumpur yang terjadi seiring dengan penambahan aditif dapat disebabkan oleh kandungan selulosa dan padatan terkandung dalam aditif bonggol. *Gel strength* merupakan gaya tarik menarik partikel lumpur dalam keadaan statis atau kemampuan lumpur untuk menahan dan mengikat serbuk bor agar tidak jatuh ke lubang sumur. Nilai *gel strength* 10 detik adalah nilai *gel strength* saat sirkulasi dihentikan pertama kali sedangkan 10 menit ketika sirkulasi sudah berlangsung cukup lama dan dihentikan.

IV.1.5 Filtration Loss dan Mud Cake

Filtration control atau laju tapisan merupakan hal yang penting yang perlu diperhatikan dalam operasi pengeboran. *Filtration loss* merupakan cairan yang masuk ke dalam formasi batuan yang permeabel, dengan adanya kontak lumpur yang masuk ke dalam formasi batuan permeabel dan *porous* maka padatan lumpur akan tersaring dan menempel pada dinding bor sehingga membentuk *mud cake*. Kedua hal ini harus dikontrol untuk menghindari masalah dalam operasi pengeboran hingga tahap produksi. Air filtrat yang masuk ke formasi batuan harus di bawah nilai limitasi *filtration loss* yang ditentukan, begitupun dengan ketebalan *mud cake* yang harus tipis dan kuat. *Filtration loss* yang besar dapat menyebabkan beberapa masalah seperti *formation damage*, *waterblocking*, hingga kesalahan dalam pembacaan logging. *Mud cake* yang tebal dapat menyebabkan pengecilan *effective hole diameter* dan meningkatkan kemungkinan terjadi *stuck pipe* sehingga pipa sulit untuk diangkat maupun diputar.

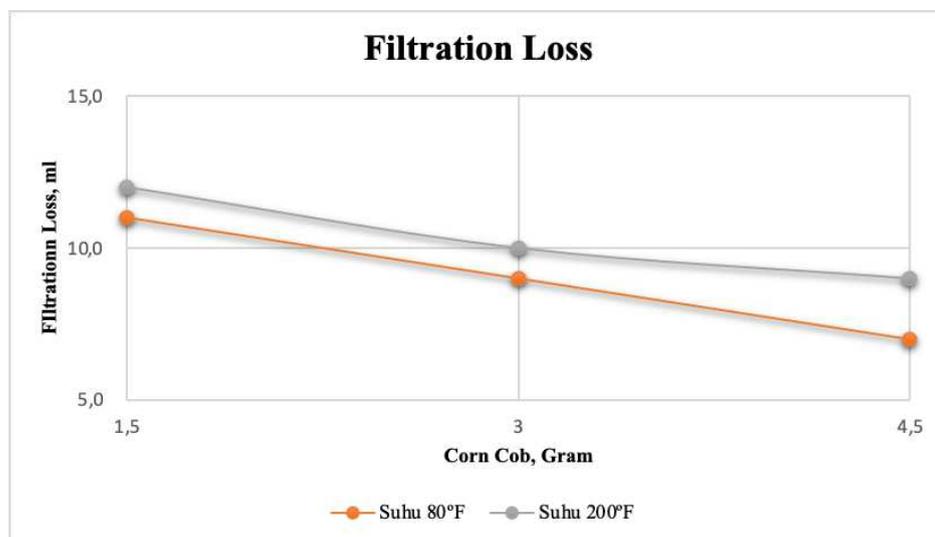
Pada tabel 4.9 hasil pengujian *filtration loss* sampel satu, dua, dan tiga menunjukkan penurunan nilai *filtration loss* pada setiap penambahan aditif bonggol jagung baik di temperatur 80°F maupun 200°F. Pada temperatur 80°F, sampel satu dengan komposisi bonggol jagung 1,5 gram menghasilkan

11 ml volume filtrat, sampel dua dengan komposisi aditif 3 gram menghasilkan 9 ml volume filtrat, dan sampel tiga dengan komposisi aditif terbanyak yaitu 4,5 gram menghasilkan volume filtrat terendah sebesar 7 ml. Adapun pada temperatur 200°F terjadi peningkatan volume filtrat yang dihasilkan oleh setiap sampel. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang sengaja diberikan untuk melihat kemampuan aditif bonggol jagung saat disirkulasikan ke dalam formasi dengan tekanan dan temperatur lebih tinggi.

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Filtration Loss

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	11	12	ml
II	9	10	ml
III	7	9	ml

Filtrat lumpur yang menurun pada setiap penambahan komposisi aditif bonggol jagung disebabkan oleh adanya kandungan selulosa dan hemiselulosa yang dapat menurunkan *filtration loss* pada lumpur tersebut. Polimer beranionik tinggi akan menurunkan laju filtrasi dengan cara menyumbat pori *filter cake* sehingga menurunkan permeabilitasnya dan mengurangi laju alir filtrat ke dalam formasi. Semakin banyak aditif bonggol jagung maka semakin baik kemampuan hidrasinya dalam sistem cairan lumpur. Namun, pada temperatur 200°F terjadi peningkatan volume filtrat yang dihasilkan oleh setiap sampel. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang sengaja diberikan untuk melihat kemampuan aditif bonggol jagung saat disirkulasikan ke dalam formasi dengan tekanan dan temperatur lebih tinggi. Di bawah ini merupakan grafik hasil pengamatan *filtration loss* pada temperatur 80°F dan 200°F.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengamatan Filtration Loss

Hasil pengujian *filtration loss* di temperatur 200°F menunjukkan bahwa naiknya temperatur menyebabkan kenaikan volume filtrat yang dihasilkan sampel lumpur dengan bonggol jagung. Sampel satu menghasilkan filtrat sebanyak 12 ml, sampel dua menghasilkan filtrat sebanyak 10 ml, dan sampel tiga menghasilkan filtrat sebanyak 9 ml. Meskipun nilai filtrat yang dihasilkan lebih banyak, tetapi tren *filtration loss* setiap penambahan bonggol jagung tetap menurun yang berarti bonggol jagung mampu

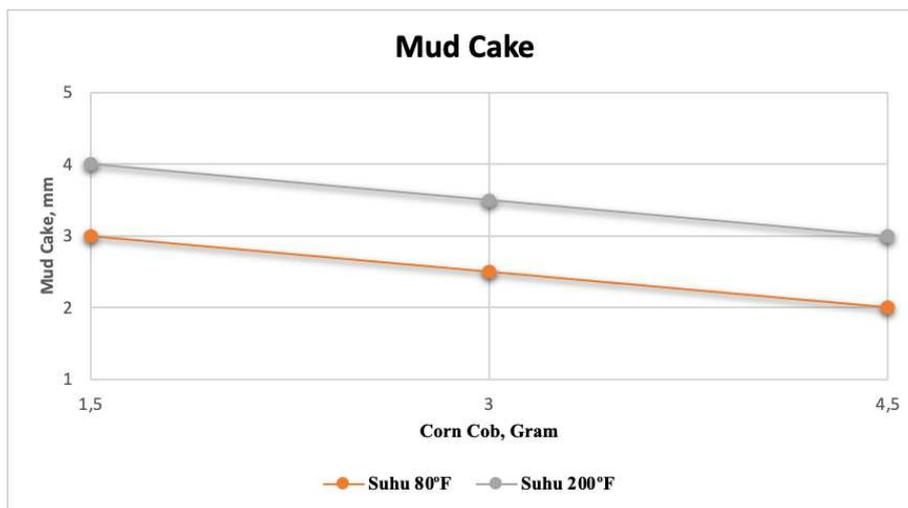
mengurangi filtrat lumpur bahkan pada temperatur yang lebih tinggi. Dilihat dari data hasil pengamatan, volume filtrat yang dihasilkan oleh ketiga sampel lumpur dengan penambahan bonggol jagung masih berada di bawah nilai standar maksimum spesifikasi API 13A yaitu 15 ml sehingga dinyatakan memenuhi standar.

Seiring dengan penurunan volume filtrat yang masuk ke dalam formasi batuan maka ketebalan *mud cake* yang terbentuk ikut menurun. Hasil pengukuran *mud cake* dari ketiga sampel lumpur di temperatur 80°F dan 200°F dapat dilihat pada tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Mud Cake

Sampel	Temperatur, °F		Satuan
	80	200	
I	3	4	mm
II	2,5	3,5	mm
III	2	3	mm

Dari hasil pengamatan ketebalan *mud cake* dapat dilihat penurunan yang terjadi seiring bertambahnya komposisi bonggol jagung dalam sampel lumpur pemboran. *Mud cake* yang terbentuk pada temperatur 80°F menunjukkan nilai ketebalan yang tidak jauh berbeda baik pada sampel satu, dua, maupun tiga yaitu sebesar 3 mm, 2,5 mm, dan 2 mm. Hal ini dikarenakan penambahan aditif bonggol jagung dengan kandungan selulosa mampu menyumbat pori dan memperkecil permeabilitas *mud cake* sehingga filtrat yang keluar ke formasi berkurang dan *mud cake* yang terbentuk semakin menipis. Namun, dengan adanya pengaruh temperatur dan tekanan yang diberikan *hot roller* maka *mud cake* yang terbentuk menjadi lebih tebal.



Gambar 4.7 Hasil Pengamatan Mud Cake

Pada temperatur 200°F sampel satu dan dua membentuk *mud cake* yang lebih tebal yaitu 4 mm dan 3,5 mm sedangkan sampel tiga membentuk *mud cake* dengan ketebalan 3 mm. Temperatur yang lebih tinggi menyebabkan nilai filtrat yang keluar meningkat sehingga *mud cake* yang terbentuk semakin tebal. Pada hasil pengamatan *filtration loss* di temperatur 200°F lumpur menghasilkan filtrat yang lebih banyak maka dari itu *mud cake* yang terbentuk juga menjadi lebih tebal. *Mud cake* yang

tipis berperan sebagai bantalan baik antara pipa bor dan permukaan lubang bor agar tidak menyebabkan pipa terjepit saat operasi pengeboran. Batas maksimum ketebalan *mud cake* yang baik menurut (Ghazali et al., 2015) adalah 9,525 mm atau 3/8 inch. Data hasil pengamatan menunjukkan ketebalan *mud cake* yang dihasilkan oleh lumpur dengan aditif bonggol jagung memenuhi kriteria *mud cake* yang ideal.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan studi laboratorium pengaruh aditif bonggol jagung terhadap sifat fisik lumpur pemboran maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *funnel viscosity* sampel lumpur pada temperatur 80°F mengalami peningkatan setiap penambahan 1,5 gram aditif bonggol jagung. Peningkatan nilai viskositas yang paling signifikan sebesar 10 sec/quartz terjadi pada sampel ketiga dengan konsentrasi 4,5 gram bonggol jagung. Ketiga sampel memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu <60 sec/quartz.
2. Nilai *plastic viscosity* sampel lumpur mengalami peningkatan dimana pada temperatur 80°F sampel satu dan dua bernilai 21 cp sedangkan sampel tiga bernilai 23 cp. Diikuti dengan hasil pengamatan di temperatur 200°F, sampel satu dan dua bernilai 13 cp dan sampel tiga bernilai 14 cp. Ketiga sampel memenuhi spesifikasi PV yaitu 10 – 25 cps.
3. Nilai *yield point* lumpur menunjukkan peningkatan pada setiap penambahan 1,5 gram bonggol jagung baik pada temperatur 80°F maupun 200°F. Kenaikan temperatur menyebabkan nilai yield point yang didapatkan pada temperatur 200°F lebih kecil namun ketiga sampel tetap memenuhi spesifikasi YP yaitu 15 – 30 lb/100 sqft.
4. Hasil pengamatan nilai *gel strength* 10 detik dan 10 menit sampel lumpur dengan penambahan aditif bonggol jagung pada temperatur 80°F dan 200°F mengalami peningkatan dengan nilai yang lebih kecil pada temperatur 200°F. Ketiga sampel memenuhi spesifikasi *gel strength* sebesar 5 – 15 lb/100 sqft untuk 10 detik dan 10 – 20 lb/100 sqft untuk 10 menit.
5. Hasil pengamatan nilai *filtration loss* menunjukkan penurunan filtrat lumpur pada setiap penambahan aditif bonggol jagung. Pada temperatur 80°F nilai *filtration loss* berkisar antara 11 – 7 ml sedangkan pada temperatur 200°F berkisar antara 12 – 9 ml. Ketiga sampel memenuhi spesifikasi *filtration loss* sebesar < 15 ml.
6. Sampel lumpur dengan 4,5 gram bonggol jagung berfungsi optimal dalam mengurangi nilai *filtration loss* dengan hasil nilai *filtration loss* terendah sebesar 7 ml.
7. Ketebalan *mud cake* yang dihasilkan lumpur pemboran dengan aditif bonggol jagung mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya filtrat lumpur. *Mud cake* pada temperatur 80°F sebesar 3 – 2 mm dan pada temperatur 200°F sebesar 4 – 3 mm. Ketebalan *mud cake* yang dihasilkan memenuhi standar spesifikasi *mud cake* dengan maksimal ketebalan 9,525 mm atau 3/8 inch

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil studi laboratorium ini yaitu.

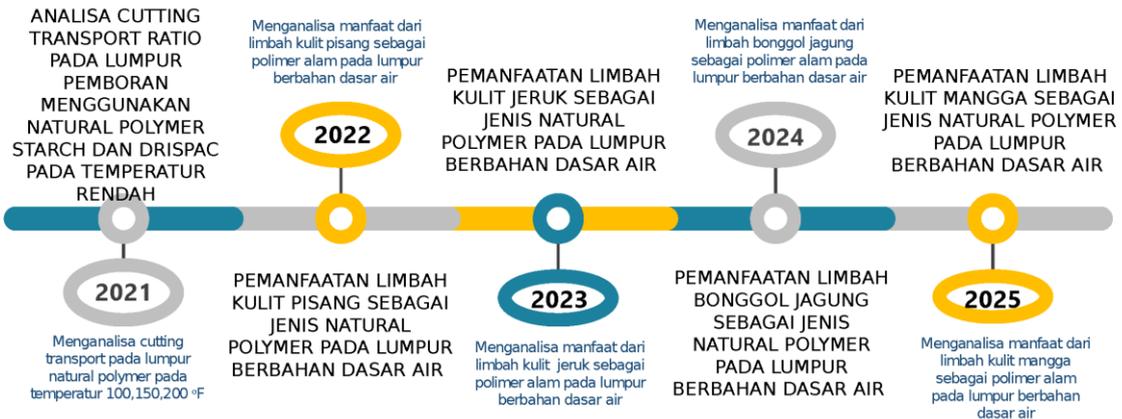
1. Pemanfaatan limbah *biodegradable* sebagai bahan aditif lumpur pemboran ramah lingkungan seperti bonggol jagung yang terbukti bekerja sebagai aditif *filtration control* dan *rheology modifier* pada lumpur pemboran berbasis dasar air.
2. Menganalisa perilaku aditif bonggol jagung (*corn cob*) dengan konsentrasi dan temperatur yang berbeda untuk melihat perubahan serta batasan daya guna aditif pada lumpur *water-based mud*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesanya, D. A., & Raheem, A. A. (2009). *Development of Corn Cob Ash Blended Cement, Construction and Building Materials*.
- Ahmed-Haras, M. R., Ibrahim, M. N. M., Ali, A. S. M., Sipaut, C. S., & Abdalsalam, A. A. A. (2013). Lignocellulosic-based Rheological modifier for high temperature Oilfield drilling operations. *Am J Eng Res*, 11(2), 230–241.
- Al-Hameedi, A. T., Alkinani, H. H., Dunn-Norman, S., Alashwak, N. A., Alshammari, A. F., Alkhamis, M. M., Mutar, R. A., & Ashammarey, A. (2019). Evaluation of environmentally friendly drilling fluid additives in water-based drilling mud. *SPE Europe Featured at EAGE Conference and Exhibition?*, D021S003R006.
- Al-Saba, M. T., Amadi, K. W., Al-Hadramy, K. O., Dushaishi, M. F., Al-Hameedi, A., & Alkinani, H. (2018). Experimental investigation of bio-degradable environmental friendly drilling fluid additives generated from waste. *SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability?*, D021S007R003.
- American Petroleum Institute. (2015). *Purchasing Guidelines Handbook, API specifications 13A 18th Edition*.
- Amoco Production Company. (1994). *Drilling Fluid Manual*. Chicago: Amoco Corporation
- Borah, B., & Das, B. M. (2022). A review on applications of bio-products employed in drilling fluids to minimize environmental footprint. *Environmental Challenges*, 6, 100411.
- Committee, A. S. S. A. S. S. (2011). *Drilling fluids processing handbook*. Elsevier.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2015). Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).
- Ferdiansyah, M. K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2017). Optimasi sintesis karboksi metil selulosa (CMC) dari pelepah kelapa sawit menggunakan response surface methodology (RSM). *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 37(2), 158–164.
- Flory, P. J. (1953). *Principles of polymer chemistry*. Cornell university press.
- Gao, D. (2003). *Superabsorbent polymer composite (SAPC) materials and their industrial and high-tech applications*.
- Ghazali, N. A., Alias, N. H., Mohd, T. A. T., Adeib, S. I., & Noorsuhana, M. Y. (2015). Potential of corn starch as fluid loss control agent in drilling mud. *Applied Mechanics and Materials*, 754, 682–687.
- Hamid, A., & rangga Wastu, A. R. (2017). Evaluasi Penggunaan Sistem Lumpur Synthetic Oil Base Mud Dan Kcl Polymer Pada Pemboran Sumur X Lapangan Y. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 6(1), 1–7.
- Inteq, B. H. (1995). *Drilling engineering workbook*.
- Lestari, D. E. (2008). *Kimia Air, Pelatihan Operator dan Supervisor Reaktor Riset. Pusat Pendidikan Dan Pelatihan BATAN. Serpong*.

- Nmegbu, G. C. J., Wami, E. N., & Bari-Agara, B. (n.d.). Evaluation of Formation Damage and Fluid Loss Control Potential of Formulated Water Based Mud with Corn Cob Particles. *Cellulose*, 46, 17–61.
- Noer, Z., & Dayana, I. (n.d.). *Buku Fisika dan Teknologi Polimer*. GUEPEDIA.
- Rabia, H. (2002). *Well engineering & construction*. Entrac Consulting Limited London.
- Reddy, N., & Yang, Y. (2005). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *TRENDS in Biotechnology*, 23(1), 22–27.
- Rubiandini, R. (2012). *Teknik Operasi Pemboran (Vol. I)*. (Vol. 1). ITB.
- Rudin, A., & Choi, P. (2012). *The elements of polymer science and engineering*. Academic press.
- Satiyawira, B. (2018). 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.

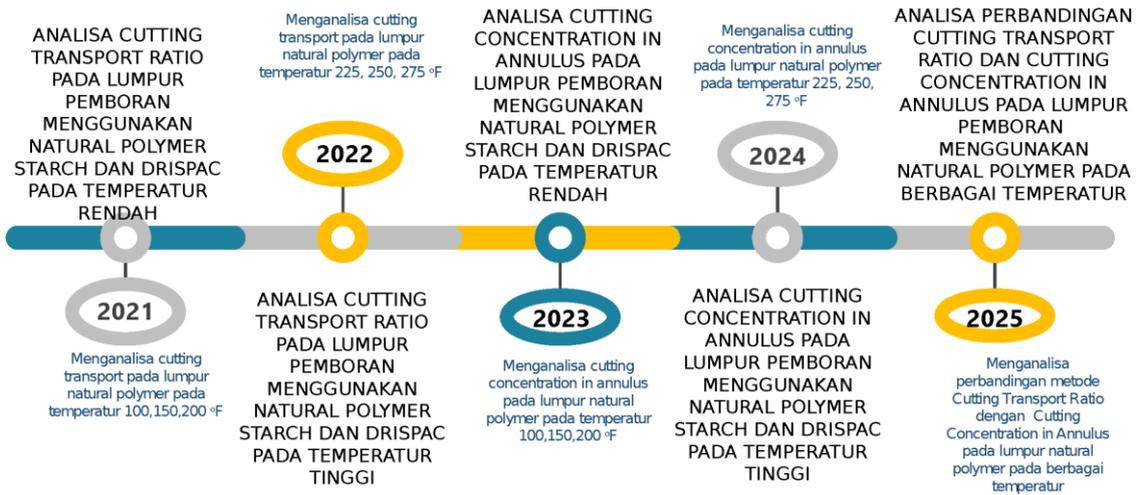
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



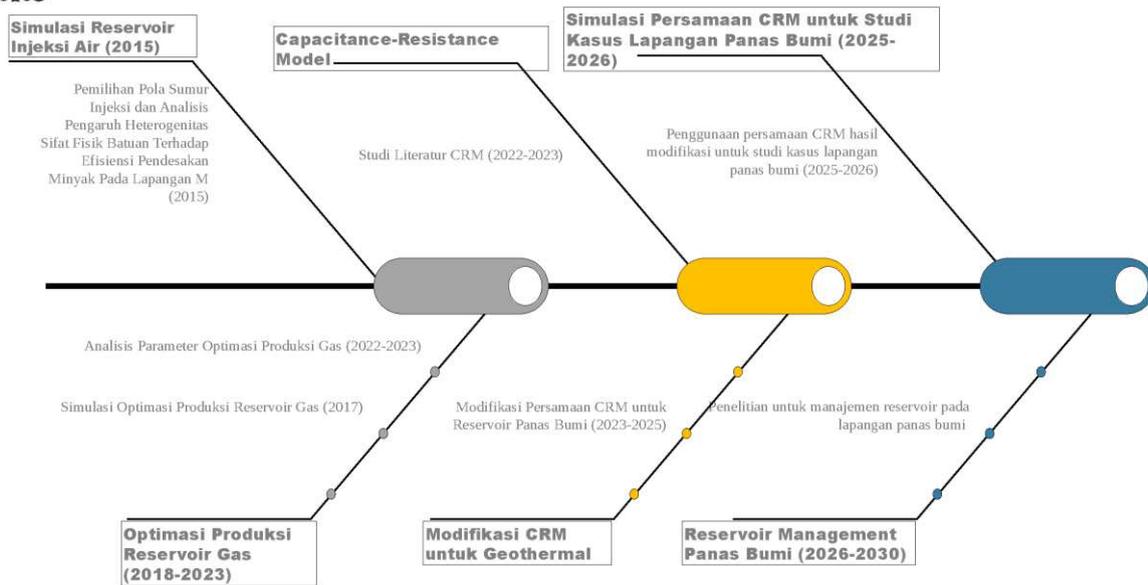
PETA JALAN PENELITIAN <Apriandi Rizkina Rangga Wastu ST.,MT>



PETA JALAN PENELITIAN <RIDHA HUSLA ST.,MT >



PETA JALAN PENELITIAN < GHANIMA YASMANIAR ST.,MT>



PETA JALAN PENELITIAN <Marmora Titi Malinda, ST MT>

LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Analisa Filtration Loss Dan Mud Cake Pada Sample Lumpur Bonggol Jagung

No. Pendaftaran : EC00202435565

Tanggal Pendaftaran : 2024-05-06

No. Pencatatan : 000610922

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T.
2. Ridha Husla, S.T., M.T.
3. Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T.
4. Marmora Titi Malinda, S.T., M.T.
5. Muhammad Hafiyyan Ghani
6. Venezia Chelsea Reggiana Kalalo

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Sedang Direview

Jenis Publikasi Jurnal : Internasional Bereputasi

Nama Jurnal : Jurnal Teknologi

ISSN :

EISSN : 2180-3722

Lembaga Pengindek : University Teknologi Malaysia

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

Judul Artikel : LABORATORY STUDY OF CORNCOB ECO FRIENDLY DRILLING FLUID ADDITIVE IN WATER BASED MUD SYSTEM

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T., M.T. (First Author)
2. Ridha Husla, S.T., M.T. (Other Author)
3. Ghanima Yasmaniar, S.T., M.T. (Other Author)
4. Venezia Chelsea Reggiana Kalalo (Other Author)
5. Muhammad Hafiyyan Ghani (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Asri Nugrahanti (Other Author)
2. Onnie Ridaliani (Other Author)