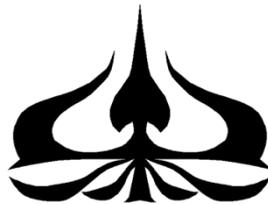


LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN FAKULTAS (PUF)

**ANALISA CUTTING TRANSPORT RATIO PADA LUMPUR PEMBORAN
MENGUNAKAN NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC DENGAN
BERBAGAI TEMPERATUR**

TIM PENELITI

RIDHA HUSLA ST MT	(0325029401)	Ketua
Apriandi Rizkina Ranga Wastu , S.T, M.T	(0320049301)	Anggota
Ghanima Yasmaniar, ST., MT.	(0320119501)	Anggota
Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.	(0308079101)	Anggota
Mario Dio Valentino	071001800061	Anggota



TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI
UNIVERSITAS TRISAKTI
2021/2022



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2021/2022
0047/PUF/FTKE/2021-2022**

- 1. Judul Penelitian** : ANALISA CUTTING TRANSPORT RATIO PADA LUMPUR
: PEMBORAN MENGGUNAKAN NATURAL POLYMER STARCH
: DAN DRISPAC DENGAN BERBAGAI TEMPERATUR
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : RIDHA HUSLA ST MT
- b. NIDN : 0325029401
- c. Jabatan/Golongan : Asisten Ahli/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK PERMINYAKAN
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : TEKNIK PERMINYAKAN
JL. GILI SAMPENG NO.10A 009/03 KEBON JERUK JAKARTA
BARAT
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel :
ridha.husla@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 : Ghanima Yasmaniar, ST., MT./Teknik Reservoir, Teknik Produksi
- 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 : 0 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 1 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2021
- Bulan/Tahun Selesai : Juni 2022
- Hak Kekayaan Intelektual
 - Hak Kekayaan Intelektual
- 6. Luaran yang dihasilkan** :
 - Publikasi di Jurnal
 - Publikasi di Jurnal
 - Publikasi di Conference Series Bereputasi
- 7. Biaya Total** : Rp16.894.000,-
(Enam Belas Juta Delapan Ratus Sembilan Puluh Empat Ribu)

Dekan



Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPM.

NIDN: 0310106704

Jakarta, 06 Agustus 2022

Ketua Tim Pengusul



RIDHA HUSLA ST MT

NIDN: 0325029401

Direktur



Prof. Dr. Astri Rinanti, S.Si., MT

NIDN: 0308097001

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
Judul Penelitian	: ANALISA CUTTING TRANSPORT RATIO PADA LUMPUR PEMBORAN MENGGUNAKAN NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC DENGAN BERBAGAI TEMPERATUR
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green Engineering/ Technology
Mata Kuliah yang terkait	: Teknik Lumpur Pemboran
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	: PELATIHAN PEMBUATAN STARCH (TEPUNG JAGUNG) DARI LIMBAH BONGGOL JAGUNG DI LAGOA JAKARTA UTARA

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
RIDHA HUSLA ST MT	3552	Ketua	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T	3607	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Ghanima Yasmaniar, ST., MT.	3565	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.	3513	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Mario Dio Valentino	07100180 0061	Anggota	Mahasiswa Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Anggi Mayasari, S.T	15710146 03890081	Anggota	Laboran/Ad min Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	:
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2021
Berakhir	: Juni 2022
Dana diusulkan	: Rp16.894.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.1.02.02.01
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 4
Produk Inovasi	:
Luaran	: Hak Kekayaan Intelektual Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Jurnal Publikasi di Jurnal Publikasi di Conference Series Bereputasi

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR GAMBAR	6
RINGKASAN PENELITIAN	7
BAB 1. PENDAHULUAN	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Pengertian Pemboran	10
2.2 Fungsi Lumpur Pemboran	10
2.2.1 Mengangkat sebuk bor	10
2.2.2 Mendinginkan dan melumasi bit dan rangkaian pipa bor	11
2.2.3 Mengontrol tekanan formasi	11
2.2.4 Mencegah runtuhnya dinding lubang bor	11
2.2.5 Menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan	11
2.2.6 Menunjang berat dari rangkaian pipa bor	11
2.2.7 Menghantarkan daya hidrolika lumpur ke pahat	11
2.2.8 Memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal	12
2.2.9 Membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung	12
2.2.10 Media evaluasi formasi	12
2.3 Jenis-jenis Fluida Pemboran	12
2.3.1 Fluida <i>Newtonian</i>	12
2.3.2 Fluida <i>Non-Newtonian</i>	13
2.4 Pengaruh Sifat Fisik Lumpur Pemboran Terhadap Hidrolika	15
2.4.1 Mud Weight	15
2.4.2 Viskositas	16
2.4.3 Rheology Lumpur Pemboran	16
2.4.3.1 <i>Plastic Viscosity</i>	16
2.4.4 <i>Gel Strength</i> (Daya Agar)	17
2.4.5 <i>Fluid Loss</i> (Laju Tapisan)	18
2.4.6 pH (Derajat Keasaman)	19
2.5 Lumpur Berbasis Air	19

2.6 Drispac	19
2.7 Starch	20
2.8 Pengertian Pengangkatan Serbuk Bor	20
2.9 Pola aliran Lumpur	23
2.9.1 Pola aliran Turbulen	23
2.9.2 Pola aliran Laminer	24
2.10 Bilangan Reynold	24
2.11 Kehilangan Tekanan di Annulus	25
2.12 Equivalent Circulating Density	26
2.13 Sirkulasi <i>Hole Cleaning</i>	27
2.14 Cutting Transport Ratio	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pengamatan Laboratorium	32
4.1.1 Densitas Lumpur	33
4.1.2 Viskositas Lumpur	34
4.1.3 Plastik Viskositas	36
4.1.4 Yield Point	39
4.1.5 Gel Strength	41
4.1.6 Filtration Loss	44
4.2 Pengangkatan <i>Cutting</i> Trayek 17-1/2" Pada Temperatur 150°F	46
4.3 Pengangkatan <i>Cutting</i> Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200°F	52
4.4 Pengangkatan <i>Cutting</i> Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 250°F	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	70
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Komposisi Lumpur Starch	31
Tabel 4. 2 Komposisi Lumpur Drispac	32
Tabel 4. 3 Spesifikasi Lumpur yang Digunakan.....	32
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu	33
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite	34
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Suhu	35
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	36
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu.....	37
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	38
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Terhadap Berbagai Suhu.....	39
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Setelah Penambahan Bahan	40
Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> Terhadap Berbagai Suhu	41
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> Setelah Penambahan Bahan.....	42
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Terhadap Temperatur	44
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Setelah Penambahan Bahan.....	45
Tabel 4. 16 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F.....	47
Tabel 4. 17 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F.....	47
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F	48
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150°F.....	48
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	49
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	50
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan <i>Cutting</i> Sample Lumpur KCl Polymer (Starch) Pada Trayek 17-1/2 ” Pada Temperatur 150 °F.....	51
Tabel 4. 23 Hasil Perhitunagan <i>Cutting</i> Sample Lumpur KCl Polymer (Drispac) Pada Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F.....	51
Tabel 4. 24 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	52
Tabel 4. 25 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	53
Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	53
Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	53
Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	54
Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	56
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip Koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F	56
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	57
Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	58
Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCL	58
Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	59
Tabel 4. 35 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer.....	60
Tabel 4. 36 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	60

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	61
Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	61
Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	62
Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	63
Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	64
Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	65
Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan shear stress dengan shear rate pada fluida newtonian	13
Gambar 2. 2 Hubungan shear stress dengan shear rate pada fluida non-newtonian.....	14
Gambar 2. 3 Alat ukur Fann Vg Meter	18
Gambar 2. 4 Proses Pengangkatan Cutting di Annulus	21
Gambar 2. 5 Eksentrisitas pipa pemboran	21
Gambar 2. 6 Pengangkatan cutting oleh lumpur pemboran.....	23
Gambar 2. 7 Pola Aliran Turbulent.....	24
Gambar 2. 8 Pola Aliran Laminar	24
Gambar 2. 9 Momen Pembentukan Nilai ECD	27
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu	33
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite	34
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Berbagai Suhu	35
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	36
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu	37
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	38
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Terhadap Temperatur	39
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Setelah Penambahan Bahan.....	40
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu	41
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu	42
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Setelah Penambahan Bahan	43
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Menit Setelah Penambahan Bahan.....	44
Gambar 4. 13 Grafik Perubahan <i>Filtration Loss</i> Terhadap Temperatur.....	45
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Setelah Penambahan Bahan	46

RINGKASAN PENELITIAN

Parameter yang penting dalam lumpur pemboran adalah memiliki nilai sifat fisik lumpur pemboran yang baik. Sifat fisik yang berpengaruh pada saat terjadinya pengangkatan cutting adalah densitas, viskositas dan rheology lumpur pemboran. Untuk rheology pemboran terbagi menjadi dua bagian yaitu rheology pada keadaan statis dan dinamis. Pada kondisi statis yaitu gel strength dan pada kondisi dinamis yaitu plastik viskositas dan yield point. Sehingga diperlukan bahan aditif yang dapat menjaga nilai sifat fisik lumpur tersebut dalam kondisi baik pada proses pengangkatan cutting. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut yang dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting, faktor apa saja yang dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran, pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density yang dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan, mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas dan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio). Metode pengangkatan cutting yang digunakan pada kedua sample tersebut adalah metode CTR (Cutting Transportasion Ratio). Penelitian ini merupakan penelitian awal yang akan berlanjut sampai tahun 2025 dengan menggunakan polymer, metode serta temperatur yang berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya. Kesimpulan sementara dari penelitian ini adalah penggunaan natural polymer starch dan natural polymer drispac pada lumpur KCL Polymer sudah mampu mengangkat cutting keatas permukaan dengan optimal, dengan dibuktikan nilai nilai CTR (Cutting Transport Ratio) lebih dari 90%. Rencana tindak lanjutnya adalah akan dilakukan uji coba dengan menggunakan jenis polymer lain, metode serta temperatur yang berbeda. Luaran yang telah dihasilkan adalah HAKI berupa modul penelitian serta poster dari penelitian ini.

Kata Kunci :

Drispac, Starch, CTR, Pemboran, Lumpur Pemboran

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lumpur pemboran merupakan salah satu yang memiliki peranan penting pada proses pemboran minyak dan gas. Salah satu fungsi utama lumpur pemboran adalah mengangkat cutting (serbuk bor) dari lubang bor sampai permukaan. Lumpur pemboran harus memiliki kemampuan pengangkatan cutting dari dasar lubang hingga menuju kepermukaan dengan baik sehingga pemboran tidak akan menjadi permasalahan, apabila pada proses pengangkatan cutting tersebut tidak optimal akan menyebabkan pengendapan didasar sumur bor sehingga dapat terjadi permasalahan seperti stuck pipe dll nya. Parameter yang penting dalam lumpur pemboran adalah memiliki nilai sifat fisik lumpur pemboran yang baik. Sifat fisik yang berpengaruh pada saat terjadinya pengangkatan cutting adalah densitas, viskositas dan rheology lumpur pemboran. Untuk rheology pemboran terbagi menjadi dua bagian yaitu rheology pada keadaan statis dan dinamis. Pada kondisi statis yaitu gel strength dan pada kondisi dinamis yaitu plastik viskositas dan yield point. Sehingga diperlukan bahan aditif yang dapat menjaga nilai sifat fisik lumpur tersebut dalam kondisi baik pada proses pengangkatan cutting.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dua jenis polymer alam yang memiliki fungsi untuk membantu proses hole cleaning pada proses pemboran. Dua jenis polymer tersebut adalah polymer selulosa yaitu drispac dan polymer polisakarida yaitu starch. Dua jenis polymer ini memiliki fungsi sebagai viscosifier yang dapat mengontrol sifat fisik rheology pada lumpur pemboran tersebut. Dua sample lumpur tersebut akan diuji sifat fisik lumpur dengan pengaruh perubahan temperatur sehingga pada kedua sample lumpur pemboran tersebut dapat mempersentasikan keadaan pada lumpur di lubang sumur pemboran. Setelah itu akan diuji pada skala lapangan dengan menggunakan metode cutting transport ratio untuk mengetahui seberapa besar rasio yang didapatkan pada kedua jenis lumpur polymer tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan, penulis merumuskan beberapa masalah sebagai berikut

1. Apakah penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting?
2. Bagaimana perubahan densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
3. Bagaimana perubahan viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
4. Bagaimana perubahan rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
5. Faktor apa saja yang yang mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran?
6. Apakah arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan?
7. Apakah pressure loss di annulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilan pengangkatan cutting?
8. Bagaimana tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?
9. Bagaimana tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah maka didapatkan tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting.
2. Mengetahui perubahan densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
3. Mengetahui perubahan viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
4. Mengetahui perubahan rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
5. Mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran.
6. Mengetahui pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan.
7. Mengetahui pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilan pengangkatan cutting?
8. Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?
9. Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?

1.4. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini akan dibatasi permasalahan pada analisis perbandingan pada lumpur polymer drispac dan starch terhadap pengangkatan cutting. Metode pengangkatan cutting yang digunakan pada kedua sample tersebut adalah CTR (Cutting Transportation Ratio).

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 polymer, metode serta temperatur yang berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini akan membahas tentang landasan teori yang berhubungan dan mendukung penelitian ini, landasan teori yang akan dibahas berdasarkan dari sumber penelitian-penelitian terdahulu. Lumpur bor adalah salah satu elemen paling penting dalam operasi pemboran apapun. Lumpur memiliki nilai fungsi yang harus seluruhnya teroptimalisasi untuk memastikan pemboran dapat berjalan dengan baik dan efisien. Kegagalan dari lumpur pemboran dapat mengganggu seluruh operasi pemboran yang nantinya akan membuat harga operasi pemboran menjadi meningkat dan bisa pula menyebabkan permasalahan lainnya seperti *stuck pipe*, *bit balling*, *lost circulation*, *kick* dan, *blow out*.

2.1 Pengertian Pemboran

Operasi pemboran merupakan faktor terpenting dari beberapa faktor lainnya dalam dunia *oil and gas*, karena merupakan salah satu pembuktian tentang keberadaan minyak dan gas bumi yang berada di bawah permukaan bumi. Adapun tujuan dari operasi pemboran ini adalah mengebor sampai daerah yang diinginkan, mengevaluasi lubang bor dan, menyelesaikan lubang bor yang akan menghasilkan minyak dan atau gas bumi secara optimal dan aman.

Agar tercapainya hasil operasi pemboran yang optimal dibutuhkan juga faktor pendukung yaitu, salah satunya lumpur fluida yang berfungsi sebagai media dari pahat bor itu sendiri dan juga sebagai media pengangkatan hasil serpih serbuk bor. Penggunaan lumpur bor yang optimal sangat mempengaruhi laju kelancaran dari operasi pemboran itu sendiri dimana faktor-faktor yang di perhatikan mulai dari karakteristik batuan itu sendiri, jenis

2.2 Fungsi Lumpur Pemboran

Lumpur pemboran digunakan pada saat pengeoperasian pemboran sehingga pengoperasian dapat berjalan secara lancar. Hal ini tentunya merupakan fungsi dari lumpur pemboran itu sendiri yaitu; mengangkat serbuk bor, mendinginkan serta melumasi bit dan rangkaian bor, menjaga dan mengimbangi tekanan formasi, membentuk *mud cake* sebagai pencegahan runtuhnya dinding lubang bor, menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan, menunjang berat dari *drillstring*, penghantar daya hidrolika lumpur ke pahat, memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal, membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung, sebagai media evaluasi formasi (*logging*).

2.2.1 Mengangkat serbuk bor

Lumpur pemboran mempunyai banyak fungsi salah satu fungsi utamanya adalah mengangkat *cutting* dari dasar lubang bor melalui annulus sampai ke atas permukaan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses pengangkatan ini, diantaranya adalah kecepatan fluida di annulus (*annulus velocity*). Untuk kecepatan laju alir ini paling mudah diatur dengan mengatur *flowrate* lumpur, yang berhubungan dengan debit pompa. Dimana *flowrate* lumpur dengan debit pompa berbanding lurus, dimana semakin besar debit pompa semakin besar juga laju *flowrate* lumpur. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan antara kekentalan, *flowrate* dan juga debit pompa sehingga dapat mengangkat *cutting* secara maksimal. Serbuk bor yang tidak terangkat dan mengendap akan mengganggu operasi pemboran dan akan menyebabkan beberapa masalah pemboran seperti, pengerusan serbuk bor berulang kali oleh mata bor (*regrinding*), tersangkutnya serpihan serbuk bor pada sela-sela mata bor (*bit balling*), menyebabkan pipa terjepit (*stuck pipe*) yang memicu terjadinya semburan liar dan juga hidrolika pahat yang tidak optimum menjadi salah satu penyebab turunnya laju penembusan (*Rate of Penetration*).

2.2.2 Mendinginkan dan melumasi bit dan rangkaian pipa bor

Pada saat operasi pemboran dimana mata bor menggerus dasar lubang bor maka secara tidak langsung akan menimbulkan panas di sekitar permukaan yang bergesekan. Maka dari itu perlu adanya sirkulasi secara kontinu oleh lumpur sehingga dapat meminimalisir panas yang disebabkan oleh gesekan itu. Kemampuan mendinginkan dan melumasi pahat dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat-zat *lubrikasi* (pelicin) seperti: minyak, *asphalt*, *grapite*, dan zat surfaktan khusus.

2.2.3 Mengontrol tekanan formasi

Pada kondisi normal (*gradient*) tekanan fluida formasi sebesar 0,465 psi/ft kedalaman. Berat dari kolom lumpur yang terdiri dari fasa air dan partikel-partikel pada lainnya cukup memadai untuk mengimbangi tekanan formasi. Tetapi jika menjumpai daerah yang memiliki tekanan abnormal (lebih dari 0,465 psi/ft) maka di butuhkan materi jenis tinggi sekitar 4,2 SG untuk menaikkan hidrostatis dari kolom lumpur agar dapat mengimbangi tekanan formasi (Course, 1995).

2.2.4 Mencegah runtuhnya dinding lubang bor

Di dalam lumpur pemboran selain mud filtrat itu sendiri atau fasa cair lumpur terdapat beberapa partikel-partikel lainnya seperti, *weighting agent*, *Filtration control* dan, *polymer*. Partikel-partikel ini yang nantinya akan membuat *mud cake* atau lapisan zat tipis di atas permukaan dinding formasi yang zonanya *permiabile* (air dapat masuk). Pembentukan *mud cake* ini akan menyebabkan tertahannya aliran fluida masuk ke formasi untuk selanjutnya. Pembentukan *mud cake* ini juga sebagai lapisan pelapis sehingga memperkuat dari dinding formasi yang *unconsolidated* atau mudah runtuh. Tetapi lumpur bor yang membentuk *mud cake* dengan kualitas kurang baik dan terlalu tebal akan menyebabkan masalah seperti *stuck pipe* atau terjepitnya rangkaian pemboran oleh *mud cake* (Richardson, 1986).

2.2.5 Menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan

Saat operasi pemboran sering terjadi *stop circulation* yang di sebabkan banyak hal mulai dari menambah *drill pipe*, mengganti lumpur, penutupan *Blow Out Preventer* (BOP), dan masih banyak lagi. Ketika tidak terjadi sirkulasi maka kondisi akan menjadi statis dimana jika tidak ada gaya *Gel Strength* maka *cutting* yang tadinya sudah terbawa sampai mau ke permukaan dapat jatuh kembali ke dasar lubang bor. Nilai *Gel Strength* ini lah yang mempunyai kaitan dengan daya agar dimana kemampuan fluida lumpur untuk menahan *cutting* pada saat tidak ada sirkulasi. Daya agar adalah suatu sifat fluida *thixotropis* yang mempunyai fungsi sebagai pengental atau mengagar jika didiamkan dan kembali mencair jika diaduk. Nilai daya agar ini harus di perhitungkan kembali sehingga pada saat ingin memulai sirkulasi kembali tidak membutuhkan tenaga torsi yang berlebihan (Rabia, 2002).

2.2.6 Menunjang berat dari rangkaian pipa bor

Dengan bertambahnya kedalaman maka berat rangkaian yang harus ditahan oleh alat permukaan menjadi semakin besar, karena semua rangkaian mengalami daya pengapungan (*buoyed*) di dalam lumpur. Gaya apung yang sama dengan berat lumpur yang dipindahkan, sesuai dengan prinsip Archimedes maka akan menjadi jelas sekali gaya apung ini akan banyak mengurangi beban yang ditahan oleh alat-alat di permukaan. Hal ini karena lumpur pemboran akan menyangga berat rangkaian seberat volume fluida yang dipindahkan. *Buoyancy effect* ini akan bertambah besar dengan bertambah besarnya berat jenis lumpur. Di dalam mendesain rangkaian bor, faktor apung dari lumpur selalu diperhitungkan untuk mengetahui letak dari titik netral dari rangkaian pipa di dalam operasi pengeboran (Rabia, 2002).

2.2.7 Menghantarkan daya hirolika lumpur ke pahat

Mata bor yang dipakai harus di bersihkan dan dipakai sesuai dengan masa pemakaian nya, lamanya pemakaian *bit* tergantung dengan spesifikasi mata bor itu sendiri. Pemakaian yang seusiai ini

berpengaruh pada efisiensi penggerusan mata bor pada lapisan formasi. Salah satu fungsi lumpur bor adalah sebagai media penghantar daya hidrolika dari permukaan ke dasar lubang. Daya hidrolika lumpur harus ditentukan di dalam membuat program pengeboran sehingga laju sirkulasi lumpur dan tekanan permukaan dapat dihitung sehingga daya hidrolika yang di timbulkan optimal. Nilai ini berkaitan erat dengan *Bit Hydraulic Horse Power*, viskositas, serta densitas dari lumpur itu sendiri (Rabia, 2002).

2.2.8 Memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal

Pada proses sirkulasi, lumpur membawa cutting dari dasar lubang sumur menuju ke permukaan. Hal ini bertujuan agar sumur selalu dalam keadaan bersih. Cutting seringkali terjatuh kembali karena adanya pengaruh gravitasi, tetapi dapat di atasi oleh adanya sirkulasi dan kekentalan lumpur. Pada pengangkatan *cutting* ke permukaan tergantung pengangkatan fluida di annulus dan kapasitas untuk menahan fluida yang merupakan fungsi dari: densitas, aliran (laminar atau turbulen), dan juga viskositas. Umumnya kecepatan 100 - 120 fpm telah cukup. Untuk mencegah terjadinya sirkulasi berulang dari serbuk bor, dapat dihindari dengan cara membuang *cutting* dari lumpur pada saat di permukaan. Adapun beberapa alat penunjang yaitu: *shale shaker*, *desander*, *desilter*, *centrifuge*. Bak pengendapan (*settling pit*) juga dapat memisahkan serbuk bor dari lumpur, terutama jika kekentalan dan gel strength dari lumpur itu rendah (Rabia, 2002).

2.2.9 Membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung.

Korosi merupakan proses elektrokimia, yang meyebabkan kerusakan atau degradasi logam. Proses elektrokimia adalah proses terjadinya reduksi oksidasi secara spontan. Sifat korosi dalam lumpur pemboran, biasanya disebabkan karena adanya pencemaran CO₂, H₂S, O₂ dan bakteri – bakteri (dalam keadaan diam) terhadap lumpur. Gas yang terlarut di dalam lumpur misalkan CO₂ dan H₂S akan besar sekali menaikkan laju korosi. Untuk mengurangi terlarutnya gas-gas tersebut pH dari lumpur dijaga antara 9,5 – 11, pH lumpur harus di jaga selalu pada keadaan basa karena jika keadaan asam akan dapat mempercepat proses korosi itu sendiri dan membuat serpihan bor menjadi hancur tidak berbentuk sehingga nantinya akan sulit untuk dilakukan analisa hasil *core logging*. Adapun juga bantuan jenis additif-additif yang ditambahkan ke dalam lumpur untuk menghambat laju korosi, misalnya zat pengikat oksigen (*oxygen scavenger*) atau zat penghambat kerak (*scale inhibitor*), pembentuk lapisan tipis (*film forming agents*) (Gould, 1959).

2.2.10 Media evaluasi formasi

Dalam operasi minyak dan gas bumi dilakukan juga pembacaan nilai formasi atau biasa di kenal dengan *logging*. Pada operasi pemboran nilai dari sifat fisik lumpur biasanya akan terganti-ganti karena di pengaruhi faktor batuan formasi maupun ketahanan dari lumpur itu sendiri. Pada operasi *logging* berlangsung lumpur pemboran mempunyai peran paling penting yaitu sebagai media perekaman atau penembakan dari alat logging tersebut.

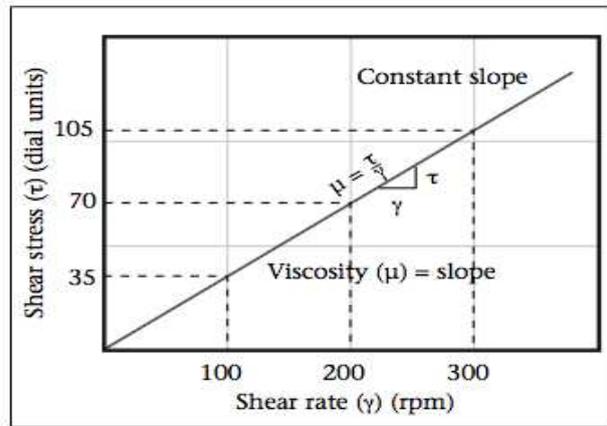
2.3 Jenis-jenis Fluida Pemboran

Sifat fisik lumpur pemboran terbagi menjadi sifat aliran dan jenis fluida pemboran. Sifat aliran sendiri terdiri dua aliran yaitu, aliran laminar dan turbulen sedangkan jenis fluida pemboran mencakup atas fluida *Newtonian* dan *non-Newtonian*.

2.3.1 Fluida *Newtonian*

Jenis fluida *Newtonian* memiliki nilai viskositas konstan dengan tekanan dan temperatur yang konstan. Dalam hal ini, fluida *newtonian* memiliki hubungan yang linear atau perbandingan antara *shear stress* dan *shear rate* adalah konstan. Grafik antara *shear stress* dan *shear rate* pada fluida *newtonian* ditunjukkan pada gambar II.1. Contoh dari fluida *newtonian* ini sendiri terdapat pada *fresh water*, *brine*, *glycerine*, dan *diesel*.

Sifat fluida *newtonian* ini bersifat konstan, dimana tidak adanya perubahan gaya yang bekerja pada fluida sehingga fluidanya akan terus mengalir meskipun tidak ada gaya yang bekerja. Sebagai contoh untuk *shear stress* yang dilipat gandakan maka *shear rate* juga akan berlipat ganda, atau saat *shear rate* dilipat gandakan maka tekanan yang diperlukan untuk memompa fluida pemboran juga akan berlipat ganda (Course, 1995).



Gambar 2. 1 Hubungan *shear stress* dengan *shear rate* pada fluida *newtonian*

Persamaan yang digunakan untuk menghubungkan besar *shear stress* pada tiap *shear rate* tertentu adalah sebagai berikut,

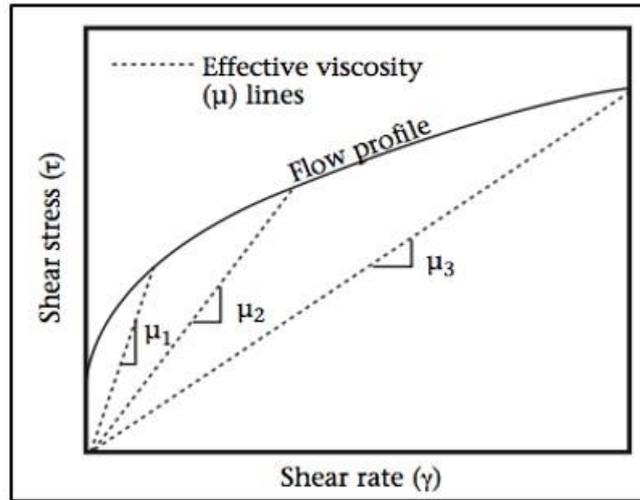
$$\tau = \mu \times \gamma \tag{II.1}$$

dimana,

- τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$
- μ : viskositas fluida, cp
- γ : *shear rate*, sec^{-1}

2.3.2 Fluida *Non-Newtonian*

Fluida non-Newtonian adalah kebalikan dari fluida *Newtonian* dimana fluida yang mempunyai viskositas tidak konstan dan tidak bersifat adanya perbandingan tetap antara *shear stress* dan *shear rate*. Grafik antara *shear stress* dan *shear rate* pada fluida *non-newtonian* ditunjukkan pada gambar II.2. Fluida pemboran pada umumnya bersifat *non-newtonian*. Partikel koloid (*clay*) yang terdapat pada fluida pemboran cenderung meningkatkan *shear stress* atau gaya yang diperlukan untuk mempertahankan laju aliran tertentu. Hal ini disebabkan karena adanya tarikan listrik antara partikel dan secara fisik menabrak dan berorientasi secara acak sehingga menampilkan interferensi partikel yang tinggi satu sama lain. Pada saat *shear rate* meningkat, partikel akan cenderung mengembangkan orientasi yang teratur dan interaksi ini akan berkurang. Contoh cairan *non-newtonian* mencakup; fluida pengeboran pada umumnya dan slurry semen (Course, 1995).



Gambar 2. 2 Hubungan *shear stress* dengan *shear rate* pada fluida non-newtonian

Perlu diperhatikan bahwa kelakuan fluida pemboran di *downhole* tidak dapat dipastikan dan sifat-sifat fluida yang diukur di permukaan diasumsikan mempunyai nilai yang berbeda pada kondisi *bottom hole*. Beberapa model perhitungan kehilangan tekanan yang sudah ada menghasilkan nilai yang berbeda-beda pada kondisi yang sama. Dua model yang biasa digunakan adalah *Bingham Plastic* dan *Power Law*:

a. *Bingham plastic*

Salah satu model *rheology* lama yang saat ini digunakan adalah *Bingham plastic*. Lumpur pemboran termasuk *Bingham plastic* apabila mempunyai padatan yang cukup rendah. Persamaan *shear stress* fluida untuk *Bingham plastic* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut

$$\tau = YP + (PV) \times \gamma \quad (II.2)$$

dimana,

- τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$
- YP : *yield point*, $lb/100ft^2$
- PV : *plastic viscosity*, cp
- γ : *shear rate*, sec^{-1}

b. *Power Law*

Power law merupakan model penyempurnaan dari *Bingham plastic* dengan *shear rate* yang rendah. Lumpur pemboran termasuk *power law* apabila mempunyai padatan yang tinggi. Hubungan secara matematis antara *shear stress* dan *shear rate* pada model *power law* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = K \times \gamma^n \quad (II.3)$$

dimana:

τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$

n : *flow behavior index*

k : *consistency factor*, cp

γ : *shear rate*, sec^{-1}

2.4 Pengaruh Sifat Fisik Lumpur Pemboran Terhadap Hidrolika

Pada operasi pemboran berlangsung beberapa sifat lumpur pemboran akan mempengaruhi aspek hidrolika salah satunya mempengaruhi kelancaran sirkulasi lumpur pemboran. Karena dengan sifat-sifat lumpur yang stabil dan cocok untuk formasi, maka operasi pemboran akan dapat berjalan lancar. Kedua hal ini dapat diperoleh apabila sifat dari lumpur pemboran selalu dilakukan *monitoring* dan *maintaince* secara berkala. Lumpur yang optimal merupakan salah satu kunci agar pemboran dapat sesuai dengan *drilling schedule* yang sudah ditetapkan. Sifat-sifat lumpur yang berkaitan dengan hidrolika antara lain: *density* (berat jenis), *viskositas*, *plastic viscosity (PV)*, *yield point*, dan *gel strength*, *water loss* (laju tapisan), dan pH lumpur pemboran (Course, 1995).

2.4.1 Mud Weight

Berat jenis lumpur atau *densitas* lumpur merupakan salah satu sifat fisik lumpur yang paling penting karena perannya sebagai pengontrol tekanan formasi untuk mencegahnya terjadi semburan liar. Berat jenis ini perlu dijaga karena dengan nilai *density* yang terlalu besar akan menyebabkan lumpur hilang ke formasi (*lost circulation*), sedangkan *density* yang terlalu kecil akan menyebabkan terjadinya semburan liar (*kick*). Untuk menjaga keamanan pada saat pengoperasian berlangsung maka berat jenis yang dipakai harus sesuai dengan keadaan formasi yang akan dibor. Perhitungan untuk menghitung berat jenis adalah sebagai berikut :

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{air}} \quad (II.4)$$

$$MW = SG \times 8.33 \quad (II.5)$$

Dimana:

SG = Specific Gravity

ρ = Densitas Lumpur, gr/cc

ρ_{air} = Densitas air, gr/cc

Mw = *Mud Weight*, ppg

Di lapangan pengukuran *density mud* dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *mud balance*. Tekanan hidrostatik lumpur di dasar lubang akan mempengaruhi kemampuan dari pada formasi di bawahnya yang akan dibor.

Untuk penambahan berat lumpur bisa menggunakan material pemberat seperti barite, galena, dan lain-lain. Namun penambahan material ini harus disesuaikan dengan tekanan formasi sehingga tidak terjadi rekahnya formasi pada saat operasi pemboran. Maka dari itu jika nilai densitas terlalu besar dapat ditambahkan air maupun cairan kimia seperti *thinner*.

2.4.2 Viskositas

Viscosity atau disebut dengan keketalan lumpur merupakan besaran yang menunjukkan tahanan atau hambatan dari suatu fluida yang mengalir. Nilai viskositas ini mempengaruhi dari pergerakan fluida itu sendiri, dimana semakin rendah nilai viskositas maka semakin cepat juga pergerakan dari fluida tersebut. Peranan viskositas berkaitan erat dengan proses serbuk bor, dimana nilai viskositas disini harus di perhitungkan karena jika nilainya terlalu rendah maka cutting tidak terangkat. Sedangkan jika nilai viskositas berlebih akan membuat laju penetrasi menjadi berkurang. Pengukuran viskositas salah satunya dapat menggunakan alat Marsh Funnel. Viskositas merupakan jumlah detik yang dibutuhkan lumpur sebanyak 0,946 L (1 *Quart*) untuk mengalir keluar dari corong Marsh Funnel. Pada lumpur yang berbasis air biasanya untuk menambahkan nilai viskositas dapat dimasukan bentonite dan untuk menurunkan nilai viskositas dimasukan lignosulfonate. Tingginya nilai viskositas ini akan menyebabkan beberapa masalah seperti: (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. *Penetration rate* menurun karena viskositas yang tinggi memiliki kohesi partikel yang kuat sehingga menghalangi efektifitas penembusan oleh drill bit.
2. Sulitnya lumpur melepaskan gas terlarut, cutting dan pasir dalam sirkulasi dipermukaan.
3. Beban pompa bertambah dengan bertambahnya luas kontak dengan partikel sehingga efek friksi dan resistansi lumpur menjadi sangat besar.

2.4.3 Rheology Lumpur Pemboran

Rheologi adalah studi tentang aliran dan deformasi bahan. Deformasi dan aliran masing-masing disebut sebagai regangan atau laju regangan, dan menunjukkan jarak di mana suatu benda bergerak di bawah pengaruh gaya eksternal (kekuatan tarik-menarik dan torsi) atau *stress* (tekanan). Maka rheology dapat diartikan sebagai studi yang mempelajari hubungan dan regangan dalam komposisi lumpur bor (Allawi et al., 2019).

Pengukuran rheology ini dapat dilakukan dengan rheometer, prinsip kerja alat ini adalah dengan melukan torsi (putaran) sehingga menimbulkan gaya tarik-menarik di lingkungan sekitarnya. Dari alat ini dapat memperoleh beberapa parameter diantaranya:

2.4.3.1 *Plastic Viscosity*

Pengertian *Plastic Viscosity* merupakan tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan antara sesama benda padat di dalam lubang bor, padatan cairan dan gesekan antara lapisan cairan dan merupakan hasil torsi dari pembacaan alat *Fann VG Meter* dengan satuan *centipoise* (cp). Cara untuk mendapatkan nilai dari *plastic viscosity* dengan cara *dial reading* 600 rpm dikurangi *dial reading* 300 rpm. Atau dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (\text{II.6})$$

Dimana:

- PV = Plastic Viscosity,
- θ_{600} = Dial Reading pada saat 600 putaran.
- θ_{300} = Dial Reading pada saat 300 putaran.

Naiknya nilai plastic viscosity menunjukkan kenaikan gesekan padatan yang disebabkan oleh naiknya konsentrasi padatan didalam lumpur yang disebabkan *solid control equipment* tidak berfungsi dengan baik (Amin, 2013).

2.4.3.2 Yield Point

Yield Point adalah bagian dari resistensi untuk mengalir oleh gaya tarik menarik antar partikel. Gaya tarik-menarik ini disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang di dispersi dalam fasa fluida. Dengan satuan lbs/100 ft² penentuan harga *yield point* tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$YP = \theta_{300} - PV \quad (\text{II.7})$$

Dimana:

- YP = *Yield Point*.
- PV = *Plastic Viscosity*.
- θ_{300} = *Dial Reading* pada saat 300 putaran.

Apabila harga *yield point* terlalu besar, maka akan mengakibatkan daya pompa pada saat awal pemompaan dan *pressure loss* menjadi besar. *Yield point* ini berhubungan dengan viskositas lumpur pemboran. Harga *yield point* yang besar dapat diturunkan dengan menurunkan gaya elektrokimia antara partikel dengan penambahan zat-zat penetral muatan partikel aktif (Course, 1995).

2.4.3.3 Apparent Viscosity

Apparent Viscosity merupakan keadaan dimana fluida Non Newtonian pada *shear rate* tertentu seolah-olah memiliki viskositas seperti pada fluida Newtonian, dimana *apparent viscosity* merupakan hasil dari kecepatan pada *dial reading* 600 rpm di bagi dua, dengan satuan *centipoise* (cp). Atau dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$AV = \theta_{600} : 2 \quad (\text{II.8})$$

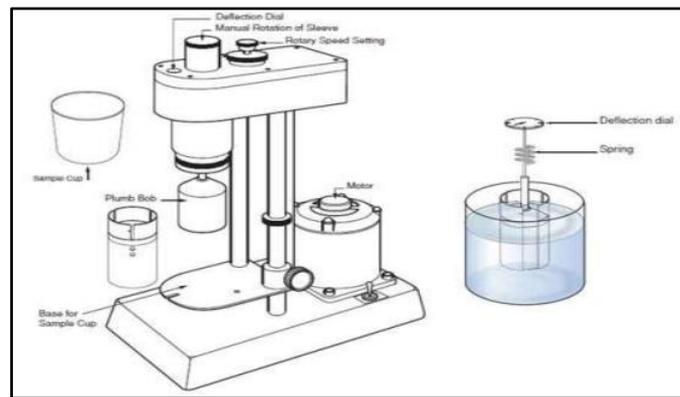
Dimana:

- AV = *Average Velocity*.
- θ_{600} = *Dial Reading* pada saat 600 putaran.

2.4.4 Gel Strength (Daya Agar)

Pada saat sirkulasi lumpur dihentikan (*statis*), maka gaya gravitasi secara langsung akan membuat *cutting* yang sudah terbawa kembali jatuh ke dasar lubang pemboran. Agar menghindari terjadinya permasalahan pada operasi pemboran maka diberikan lah nilai daya agar ini dimana pada saat kondisi diam (tidak ada aliran yang terjadi) maka lumpur agakan menjadi gel. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik-menarik antara partikel-partikel padatan lumpur, gaya menjadi agar inilah yang disebut *gel strength*. Lumpur pemboran harus memiliki *gel strength* yang baik agar dapat menahan *cutting* dan material pemberat lumpur pada saat sirkulasi lumpur dihentikan.

Jika lumpur pemboran tidak memiliki kandungan *gel strength* yang baik, akan mengakibatkan terjadinya penumpukan serbuk pemboran. Akan tetapi jika kandungan *gel strength* terlalu tinggi akan mengakibatkan kerja pompa terlalu berat untuk memulai sirkulasi kembali. Sehingga daya torsi pada pompa yang dibutuhkan harus semakin besar. Walaupun pompa memiliki daya yang kuat, pompa tidak boleh memompakan lumpur dengan daya yang besar juga karena akan merusak formasi. Harga *gel strength* dalam 100 lb/ft² diperoleh secara langsung dari pengukuran dengan alat, *Fann Vg Meter*. Simpangan skala penunjuk akibat digerakannya rotor pada kecepatan 3 rpm, langsung menunjukkan harga *gel strength* 10 detik atau 10 menit dalam 100 lb/ft² (Zakhrifady, 2018).



Gambar 2. 3 Alat ukur *Fann Vg Meter* (Wastu et al., 2019)

Komponen-komponen pembentuk lumpur yang dapat menyebabkan gel strength antara lain: *clay*, *shale* dan, *bentonite* yang sudah memiliki gaya tarik menarik partikel antar platnya. Adapun fungsi *gel strength* dalam lumpur pemboran adalah untuk menahan *cutting* dan material *solid* dalam suspensi serta melepaskannya dipermukaannya, sehingga *gel strength* merupakan faktor penting dalam mekanisme pengangkatan *cutting*. Masalah-masalah yang sering dihadapi, antara lain adalah:

1. Kecenderungan lumpur pemboran untuk *loss circulation*.
2. Terganggunya pompa untuk memulai sirkulasi dikarenakan akan membutuhkan tenaga yang besar.
3. *Filtration Loss*, merupakan fasa cair lumpur yang masuk ke formasi permeable yang diukur dengan peralatan *standard filter press* yang menggunakan hasil pada kondisi statik (sirkulasi dihentikan).

Nilai *gel strength* perlu di sesuaikan dengan nilai tekanan dan temperatur dari keadaan formasi. Nilai ini juga harus disesuaikan dengan besar *cutting* dari bit, karena jika nilai daya agar tidak dapat menahan *cutting* tersebut maka akan membuat *stuck pipe*. *Gel strength* atau daya agar akan di buat semedikian rupa agar pada saat keadaan statis lumpur mengental menahan *cutting* agar tidak jatuh ke dasar lubang bor, tetapi pada saat ada putaran drill pipe lumpur menjadi cair kembali.

2.4.5 *Fluid Loss* (Laju Tapisan)

Pada lumpur pemboran terdiri menjadi dua bagian yaitu menjadi *filtration* (lumpur yang berfasa cairan) dan juga padatan-padatan yang terdapat pada lumpur. Pada dinding lubang bor khususnya pada saat keadaan *open hole* terdapat pori-pori batuan yang dapat menyebabkan lumpur bisa masuk ke dalam pori-pori batuan, yang nantinya akan membuat lapisan yang disebut sebagai *mud cake*. Pengertian dari *fluid loss* itu sendiri adalah jumlah cairan yang masuk ke dalam batuan yang di pengaruhi faktor tekanan, temperatur, dan lumpur itu sendiri.

Tujuan utama dari laju tapisan ini sendiri adalah untuk membuat mudcake yang tipis dan kuat, sehingga dinding bor permukaannya menjadi halus sehingga memudahkan proses penyemenan berlangsung. Namun banyaknya *fluid loss* ini ke dalam formasi akan membuat *formation damage* juga. *Formation damage* yang di maksud antara lain: *caving*, formasi menjadi lunak dan gampang runtuh, *water blocking*. Hal-hal ini tentunya akan membuat nilai produktivitas menurun dan *drilling cost* menjadi naik. Untuk itu perlu mengatur dan membatasi laju tapisan yang masuk ke formasi pemboran (Zakhrifady, 2018).

2.4.6 pH (Derajat Keasaman)

Pada lumpur bor biasanya pH yang dipakai adalah bersifat basa dimana nilainya berkisar antara 9-12. Nilai lumpur ini harus di jaga sedemikian rupa sehingga nilainya tetap basa, jika lumpur yang digunakan dalam suasana asam maka serbuk bor yang keluar dari lubang bor akan halus dan hancur, sehingga tidak dapat ditentukan batuan apa yang ditembus oleh mata bor. Selain itu peralatan yang dilalui oleh lumpur saat sedang sirkulasi maupun tidak, akan mudah berkarat sehingga membuat *living tools* menjadi semakin berjangka pendek. Jika lumpur bor memiliki pH diatas 12 juga tidak baik, karena dapat menaikkan kekentalan dan gel strength dari lumpur(Zakhrifady, 2018).

2.5 Lumpur Berbasis Air

Komposisi lumpur pemboran ini terdiri dari air tawar atau air asin, *clay*, dan *chemical additives*. Komposisi ini ditentukan oleh kondisi lubang bor dan biasanya *water based mud* digunakan pada pemboran *low pressure low temperature*. *Water based mud* merupakan tipe lumpur yang paling umum digunakan karena nilai keekonomisannya, selain mudah pembuatannya, mudah penggunaannya, mudah pembentukan *mudcake*, dan sifatnya yang *ecofriendly* dibandingkan lumpur *Oil based mud*. Lumpur berbahan dasar air ini memiliki dua komponen penyusun (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. Fasa cair atau merupakan fasa kontinyu, dimana fasa cair ini adalah air tawar yang mengandung garam kurang dari 1% berat garam.
2. Fasa padatan *inert*, terdiri dari setiap padatan yang tidak bereaksi secara kimia ataupun fisika dalam lumpur pemboran, seperti *barite* dan pasir. Fasa *inert* ini lah yang nantinya sebagai pembentuk *mud cake*.
3. Fasa reactive solid, merupakan fasa lumpur / padatan yang akan bereaksi dengan air dan membentuk koloid, contohnya bentonite
4. Fasa kimia merupakan fasa pada lumpur yang dapat mengontrol sifat-sifat fisik pada lumpur pemboran Contoh untuk menurunkan viskositas pada lumpur dapat menggunakan lignosulfonate, lignite, sedangkan untuk menaikkan viskositas pada lumpur dapat menggunakan CMC, Starch, Drispac, XCD Polymer dll.

Lumpur berbasis air ini sering di temukan pada pengeboran *on-shore* atau yang terdapat di atas permukaan tanah. Sedangkan lumpur berbasis minyak biasa di jumpai pada pengeboran *offshore* atau di atas permukaan air(Satyawira, 2019). Hal ini dikarenakan karakteristik lumpur berbasis minyak yang sifatnya stabil terhadap *temperature* dan juga tekanan tinggi, maka dari itu cocok untuk digunakan pada pemboran di laut lepas.

2.6 Drispac

Drispac berstruktur sama dengan CMC, tetapi mempunyai derajat substitusi (D.S) yang lebih tinggi, karena drispac mempunyai ketahanan yang lebih tinggi terhadap kesadahaan. Dibandingkan dengan CMC, Drispac juga mempunyai derajat polimerisasi yang lebih tinggi, sehingga efek pengentalannya lebih besar dari pada CMC. Drispac mempunyai kemampuan pengental yang tinggi didalam air asin dan drispac dikenal dengan kemampuannya mencegah pengembangan shale dengan melapisi dinding lubang ampas yang impermeable disamping itu drispac meningkatkan viskositas filtrat, sehingga mobilitasnya didalam zone formasi turun.

Pemakaian drispac sedikit sekali (0,5 – 2,0 ppb) sehingga banyak sekali menurunkan kadar padatan lumpur (mengurangi pemakaian bentonite), kemampuan drispac untuk membungkus partikel

serpih serbuk bor (*shale encapsulation*) menyebabkan dapat dicegah desintegrasi serbuk bor dan diperolehnya daya pembersihan lubang yang tinggi.

2.7 Starch

Merupakan cadangan karbohidrat didalam tumbuhan, umumnya terdiri dari struktur amylose dan apilopektin (terdiri dari rantai panjang glucose). Starch yang dipakai industri pemboran, diperoleh dari jagung, kentang biasanya dipeptisasi atau dipregelatinasikan (dimatangkan) sampai temperature 140 – 180 °F. Starch bersifat tidak meng-ion, larut didalam cairan elektrolit tinggi. Pemakaian utama starch adalah untuk pengontrol tapan didalam air asin (*sea water, saturated salt system*) juga berfungsi sebagai pengental dalam air asin.

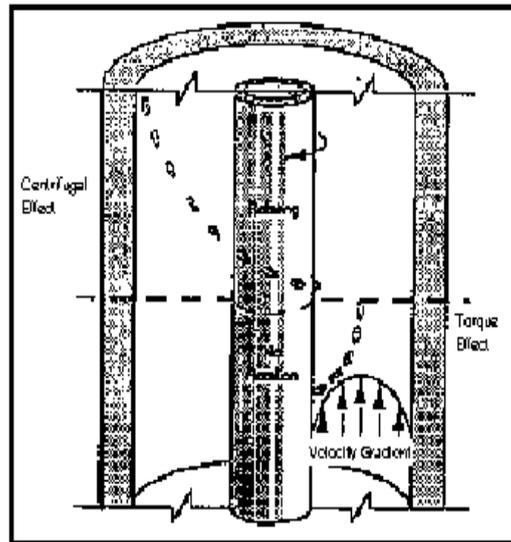
Kelemahan dari starch adalah tidak tahan panas (maksimum 250 °F) dan mudah rusak oleh bakteri, (kecuali jika pH lumpur mempunyai 12). Keuntungan starch antara lain harganya murah dan tidak menimbulkan efek samping pengencer (*thinning*) seperti pada CMC.

2.8 Pengertian Pengangkatan Serbuk Bor

Pada operasi pemboran berlangsung, mata bor yang dipakai akan menggerus batuan formasi dan menghasilkan *cutting*, seiring berjalannya operasi pemboran penambahan *cutting* maka akan semakin bertambah juga. Agar serbuk bor tidak menumpuk di bawah lubang dan tidak menimbulkan permasalahan pada laju pemboran maka *cutting* tersebut perlu diangkat ke permukaan dengan baik. Dimana pengangkatan *cutting* di pengaruhi juga pada aliran dari lumpur itu sendiri dan juga nilai SG sehingga *cutting* yang sudah terangkat tidak akan terjadi *slip* atau peristiwa jatuhnya serbuk bor ke dasar lubang bor. Jadi lumpur yang masuk ke dalam sumur yang di aliri dari pipa bor, akan keluar melalui nozzle dan naik ke atas melalui Annulus. Berikut merupakan gambar proses pengangkatan *cutting* di annulus dapat dilihat pada gambar 2.4. *Cutting* dapat terangkat karena adanya bantuan lumpur pemboran yang mengalir secara *laminer*, dimana arah aliran lumpur beraturan dengan naik semua sehingga *cutting* dapat sampai ke atas permukaan (Walangitan et al., 2020).

Pada gambar di bawah menjelaskan mekanisme pengangkatan serbuk bor di lubang annulus, dimana terdapat media pengangkatan yang biasa di sebut lumpur bor. *Cutting* yang tidak dapat terangkat dengan baik akan mengendap kembali ke dasar sumur dan mengakibatkan beberapa masalah dalam pemboran, diantaranya (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. Penggerusan serbuk bor berulang kali oleh pahat (*regrinding*).
2. Tersangkutnya serbuk bor pada sela-sela gigi pahat (*bit balling*).
3. Menyebabkan pipa terjepit (*stuck pipe*) yang memicu terjadinya semburan liar dan juga hidrolika pahat yang tidak optimum menjadi salah satu penyebab turunya laju penembusan (ROP).

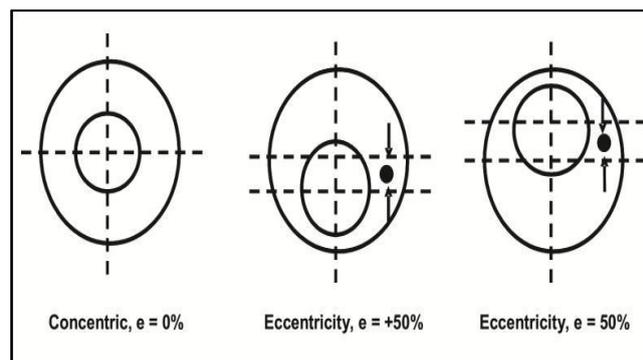


Gambar 2. 4 Proses Pengangkatan *Cutting* di *Annulus* (Zakhrifady, 2018)

Beberapa faktor yang mempengaruhi pengangkatan *cutting* ke permukaan diantaranya: (Pilehvari et al., 1999):

1. Kecepatan fluida di annulus sebagai fungsi dari luas area annulus dan *rate* pemompaan yang diberikan.
2. Kapasitas untuk menahan fluida yang merupakan fungsi dari rheologi lumpur pemboran seperti; densitas lumpur, jenis aliran (laminar atau turbulen), viskositas, dst.
3. Laju penembusan yang dilakukan *drill bit* (*rate of penetration*)
4. Kecepatan pemiutaran pipa pemboran (RPM)

Eksentrisitas *drill pipe* yang merupakan posisi relatif pipa pemboran terhadap lubang pemboran, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 5 Eksentrisitas pipa pemboran

Pada gambar diatas menunjukkan eksentrisitas dari drill pipe, yaitu posisi relatif pipa pemboran terhadap lubang pemboran. Dimana posisi eksentrisitas ini akan mempengaruhi pengangkatan serbuk bor ke permukaan. Jika ukuran rata-rata partikel *cutting* besar dan nilai dari eksentrisitas relatif besar dapat membuat terjadinya *stuck pipe* pada operasi pemboran (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012).

Untuk proses mekanisme pengangkatan *cutting* di bagi menjadi beberapa bagian yang saling berhubungan, seperti gambar 2.5 diantaranya adalah:

- 1) V_{slip} (kecepatan slip) yaitu kecepatan kritik dimana *cutting* mulai akan terangkat ke permukaan.

$$V_{slip} = V_{min} - V_{cut} \quad (II.9)$$

Dalam penentuan v_{slip} terdapat 2 rumus yaitu sesuai dengan aliran pada lumpur tersebut yaitu V_{slip} pada jenis aliran laminar:

$$V_{slip (Laminar)} = 82,87 \times \frac{D_{cut}^2}{\mu_{annular}} \times (\rho - MW) \quad (II.10)$$

V_{slip} pada jenis aliran turbulen rumusnya adalah sebagai berikut:

$$V_{slip (Turbulen)} = 92,6 \times \frac{\{(\rho - MW)^{D_{cut}}\}^{0,5}}{MW} \quad (II.11)$$

Keterangan variable:

D_{cut} : Diameter *Cutting*, inch.

$\mu_{annular}$: Annular Viscosity, cp.

P : *Cutting Density*, ppg

MW : *Mud Weight*, ppg.

Jika terdapat sudut inklinasi pada pemboran tersebut lebih besar 45 derajat atau lebih kecil 45 derajat terdapat pengkoreksian pada nilai V_{slip} tersebut : rumus tersebut berdasarkan Rudi Rubiandini dan Shindu.

Apabila nilai sudut inklinasi lebih besar dari 45 derajat maka V_{slip} koreksi:

$$V_{slip (Koreksi)} = \frac{V_{slip} \times (600 - RPM) \times (3 + MW)}{3000} \quad (II.12)$$

Apabila nilai sudut inklinasi lebih kecil dari 45 derajat

$$V_{slip (Koreksi)} = \frac{V_{slip} \times (45 + 2\theta) \times (600 - RPM) \times (3 + MW)}{405.000} \quad (II.13)$$

Keterangan variable:

RPM : *Rotation per Minute*,

θ : Sudut inklinasi,(°)

- 2) V_{cut} (kecepatan *cutting*): yaitu kecepatan kritik *cutting* mulai terendapkan.
- 3) V_{min} (kecepatan minimum): yaitu kecepatan slip ditambah dengan kecepatan *cutting* sehingga *cutting* dapat terangkat ke permukaan tanpa terjadi penggerusan kembali.

Untuk penentuan pada v_{min} dimasukan rumusnya persamaan untuk mencari V_{min} adalah sebagai berikut:

$$V_{min} = \frac{ROP}{36 \times \left\{ 1 - \left(\frac{OD}{HoleSize} \right)^2 \right\} \times C_{conc}} + V_{slip \text{ Koreksi}} \quad (II.14)$$

Dimana nilai C_{conc} diperoleh dari persamaan

$$C_{conc} = 0,01778 \times ROP + 0,505 \quad (II.15)$$

Keterangan variable:

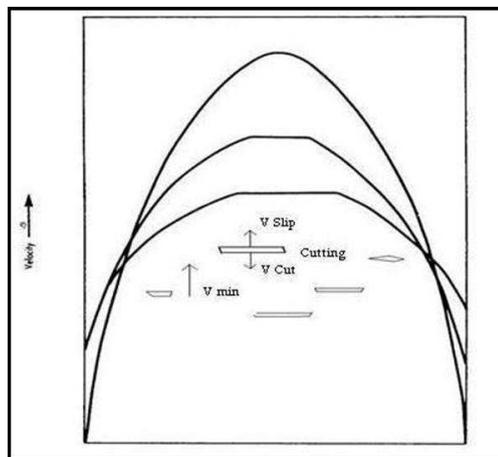
V_{min} : Kecepatan Lumpur, ft/s

OD : *Outside Diameter, inch*

$V_{slip \text{ koreksi}}$: Kecepatan Slip, ft/s

C_{conc} : *Cutting Concentration, %*

ROP : *Rate of Penetration, ft*



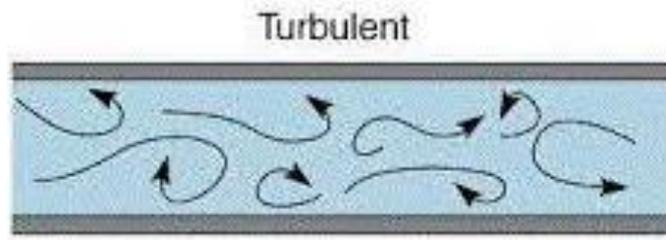
Gambar 2. 6 Pengangkatan *cutting* oleh lumpur pemboran.

2.9 Pola aliran Lumpur

Pada saat lumpur bor di sirkulasi secara tidak langsung terbagi menjadi dua dimana ada pola aliran *laminar* dan pola aliran *turbulen*, pola aliran ini tentunya akan mempengaruhi kinerja dari lumpur tersebut (Course, 1995).

2.9.1 Pola aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Peningkatan kecepatan tersebut membuat *shear strength* melebihi kemampuan dari suatu lumpur untuk tetap berada pada aliran *laminar*. Fluida pada aliran turbulen memiliki shear dan partikel-partikel yang bergerak secara tidak teratur sehingga terdapat aliran yang berputar. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 3000.



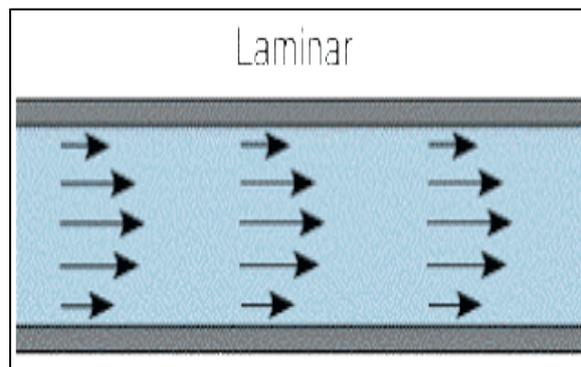
Gambar 2. 7 Pola Aliran *Turbulent*

Pola aliran ini erat kaitannya dengan pengaturan debit pompa dan *flowrate* pada lumpur. Aliran turbulen ditunjukkan seperti gambar 2.7. Aliran turbulen ini sangat dihindarkan di dalam annulus karena berpotensi untuk menggerus dinding lubang bor dan membuat runtuhnya dinding lubang bor. Pola aliran ini biasanya di jumpai pada mata pemboran sehingga jika terdapat serbuk bor yang menempel di mata bor di harapkan dapat terlepas karena pola aliran ini (Course, 1995).

2.9.2 Pola aliran Laminer

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain (sejajar). Aliran laminar terjadi ketika aliran individu melewati dan bergeser melewati satu sama lain dari fluida paralel dengan pencampuran minimum.

Pola aliran ini biasanya di pakai di annulus lubang bor karena sifatnya alirannya yang searah membuat *cutting* dapat terangkat secara maksimal, dan tidak menyebabkan erosi di sekitar dinding lubang bor, serta hilang tekanan alirannya yang relatif kecil. Aliran ini mempunyai bilangan *Reynold* lebih kecil dari 2300 (Course, 1995). Pola aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yaitu *flowrate* dari aliran lumpur dan juga luas area annulus. Dimana semakin besar luas area annulus maka besar kemungkinan pola aliran yang terjadi adalah laminar. Maka dari itu sering di temukan pola aliran dari annulus *drill collar* sampai annulus *drill pipe* permukaan.



Gambar 2. 8 Pola Aliran *Laminar*

2.10 Bilangan Reynold

Berdasarkan dua pola aliran lumpur pemboran yaitu laminar dan turbulen, yang mana aliran laminar pergerakan partikel-partikel aliran fluida secara teratur dan gerakannya sejajar dengan aliran

sepanjang sisi dinding formasi. Sedangkan pada aliran turbulen, fluida mempunyai kecepatan alir yang tidak sama dan tidak beraturan sehingga membuat arah aliran arus menyebar dan aling bertabrakan

Untuk menentukan pola aliran maka digunakan Bilangan Reynold (N_{re}) dari percobaan fluida *Osborne Reynold*, diketahui $N_{re} > 3000$ adalah pola aliran turbulen dan $N_{re} < 2300$ adalah pola aliran transisi (Walangitan et al., 2020).

Untuk menentukan aliran tersebut turbulen atau laminer digunakan *Reynold Number* :

$$N_{re \text{ partikel}} = 927,6 \times \frac{MW \times V_{slip} \times D_{cut}}{\mu_{Annular}} \quad (II.16)$$

Keterangan

$N_{re \text{ partikel}}$: Bilangan Reynold

MW : Densitas Lumpur (*Mud Weight*), *ppg*

V_{slip} : Kecepatan Slip, *ft/m*

D_{cut} : Diameter *Cutting*, *inch*

$\mu_{annular}$: Viskositas Annular, *cp*

2.11 Kehilangan Tekanan di Annulus

Kehilangan tekanan atau *pressure loss* di annulus umumnya terjadi karena banyaknya gesekan yang terjadi antara rheology lumpur dengan pola aliran lumpur. Maka dari itu pada pemakaian lumpur *water base mud* (KCL-Polymer) dilakukan perhitungan tekanan annulus yaitu pada *drill pipe* ($P_{ann \text{ dp}}$) dan *annulus drill collar* ($P_{ann \text{ dc}}$). Perhitungan kehilangan tekanan di annulus dengan menggunakan model power law terdapat beberapa tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Hitung *power law index* (n) dan *consistency index* (k) menggunakan persamaan yang sama dengan *pressure loss* di pipa

$$n = 2,32 \log \frac{\text{dial reading } 600}{\text{dial reading } 300} \quad (II.17)$$

$$k = \frac{\text{dial reading } 300}{511^n} \quad (II.18)$$

2. Tentukan masing-masing *average velocity* (\bar{V}) dan *critical velocity* (V_c) untuk mengetahui kehilangan tekanan pada aliran laminar atau aliran turbulen, dengan persamaan berikut:

- a. *Average velocity* (\bar{V}) tergantung pada *flow rate* pompa dan ukuran pipa, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\bar{V} = \frac{24,5Q}{D_{h \text{ pipe}}^2 - OD_{\text{pipe}}^2} \quad (II.19)$$

dimana

$D_{h \text{ pipe}}$: diameter *hole*, in

OD_{pipe} : *outside* diameter pipa, in

- b. *Critical velocity* (V_c)

$$V_c = \left(\frac{3,878(10)^4 K}{\rho} \right)^{1/(2-n)} \left(\frac{2,4}{D_{h \text{ pipe}} - OD_{\text{pipe}}} \left(\frac{2n+1}{3n} \right) \right)^{n/(2-n)} \quad (II.20)$$

3. Persamaan untuk mengetahui kehilangan tekanan di *annulus* mengikuti syarat berikut:

a. Aliran adalah turbulen untuk $\bar{V} > V_c$

$$P_{p\ loss} = \frac{8,91(10^{-5})\rho^{0,8}Q^{1,8}(PV)^{0,2}L}{(D_h - OD_{pipe})^3(D_h + OD_{pipe})^{1,8}} \quad (II.21)$$

b. Aliran adalah laminar untuk $\bar{V} < V_c$

$$P_{p\ loss} = \left(\frac{2,4\bar{V}}{(D_h - OD_{pipe})} \frac{(2n+1)}{3n} \right)^n \frac{KL}{300 (D_h - OD_{pipe})} \quad (II.22)$$

Dimana,

- $P_{p\ loss}$: *pipe pressure loss*, psi
- ρ : densitas lumpur, ppg
- Q : *flow rate*, gpm
- PV : *plastic viscosity*, cp
- L : panjang pipa, ft
- \bar{V} : *critical velocity*, ft/min
- n : *power law index*
- K : *consistency index*
- $D_{h\ pipe}$: diameter hole, in
- OD_{pipe} : *outside diameter* pipa, inch

2.12 Equivalent Circulating Density

Nilai (*Equivalent Circulating Density*) ECD adalah kombinasi nilai density lumpur yang sesungguhnya (*real condition*) yang bekerja pada formasi pada keadaan proses sirkulasi lumpur pemboran dengan *annulus pressure drop*. Berat jenis ini biasanya akan lebih besar dari pada berat jenis yang diukur pada saat dimasukkan ke sumur pemboran, hal ini di karenakan adanya kontaminasi antara lumpur pemboran dengan *cutting* pada formasi tersebut. Nilai ECD (*Equivalent Circulating Density*) yang relatif lebih besar dari pada densitas awal juga menunjukkan bahwa *cutting* atau serbuk bor dapat tercampur dengan baik dengan lumpur pemboran, maka parameter ini dapat digunakan sebagai keberhasilan dalam pengangkatan *cutting*. Kontaminasi lumpur dengan *cutting* terjadi pada saat gesekan yang terjadi pada saat aliran lumpur keluar dari nozzle dan mata bor yang menggerus formasi.

Parameter ECD (*Equivalent Circulating Density*) ini sangat dibutuhkan agar dapat mengetahui densitas lumpur yang sebenarnya, sehingga dapat memprediksikan apakah tekanan dengan densitas yang di berikan sesuai atau tidak. Parameter ECD (*Equivalent Circulating Density*) di hitung untuk menghindari terjadinya *lost circulation* ataupun *kick*. Biasanya pada sumur yang memiliki gradient rekah yang tinggi nilai ECD (*Equivalent Circulating Density*) harus sangat di perhatikan agar tidak terjadinya *loss circulation*.



Gambar 2. 9 Momen Pembentukan Nilai ECD (Wastu et al., 2019)

ECD (*Equivalent Circulating Density*) dapat dihitung dengan rumus:

$$ECD = \frac{\rho + \sum PL}{Depth \times 0.052} \quad (II.22)$$

Keterangan :

$\sum PL$ = Total Pressure Loss di Annulus (psi)

ρ = Densitas (ppg)

Depth = Kedalaman (ft)

2.13 Sirkulasi *Hole Cleaning*

Sirkulasi *Hole Cleaning* adalah sirkulasi lumpur pemboran yang mempunyai fungsi untuk mengangkat serbuk bor ke permukaan dan melakukan pembersihan di dasar lubang bor selama proses pemboran berlangsung. Apabila sirkulasi pembersihan dasar lubang bor tidak berjalan dengan baik maka proses pengangkatan serbuk bor juga tidak dapat terangkat semuanya dengan baik dan sempurna. Kejadian ini dapat terjadi dikarenakan spesifikasi lumpur pemboran tersebut yang terlalu rendah (nilai *Yield Point* dan *Plastic Viscosity* dari lumpur rendah). Seharusnya lumpur pemboran yang dibuat dan digunakan juga harus sudah sesuai dengan kondisi formasi yang akan di bor. Apabila proses pembersihan dasar lubang bor tidak berjalan baik, maka dapat menimbulkan masalah-masalah seperti terjadinya pengendapan serbuk bor di dalam dasar lubang bor yang kemudian dapat menyebabkan terjepitnya rangkaian bor yang berada di dalam lubang bor (Su & Wang, 2019).

Maka dari itu, diperlukan melakukan analisis lebih lanjut dan rinci tentang keberhasilan kemampuan lumpur pemboran untuk dapat mengangkat secara keseluruhan serbuk bor agar tidak tersisa atau tertinggal dan mengendap di dasar lubang bor. Terdapat tiga metode untuk melakukan analisis pengangkatan serbuk bor yang akan dibahas yaitu *Cutting Carry Index*, *Cutting Transport Ratio*, dan *Cutting Concentration in Annulus*. Dari ketiga metode yang disebutkan tadi, maka dapat diperkirakan efisiensi kinerja dari pengangkatan serbuk bor pada lumpur pemboran yang digunakan (Okon et al., 2015).

2.14 Cutting Transport Ratio

Cutting Transport Ratio adalah salah satu metode pengangkatan serbuk bor untuk menormalisasikan besarnya nilai $V_{transport}$. Besar nilai *cutting transport Ratio* mempunyai *range*

apabila nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dari 0% maka serbuk bor atau *cutting* mengalir dari dasar lubang bor ke permukaan dan apabila menyentuh nilai lebih dari 50% maka kegiatan *hole cleaning* berjalan dengan optimum (Okon et al., 2015).

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung dan menentukan nilai *Cutting Transport Ratio* adalah sebagai berikut, yaitu:

$$CTR = \frac{V_{transport}}{V_{ann}} \quad (II.24)$$

Sehingga diperoleh nilai presentasi CTR (*Cutting Transport Ratio*) dengan rumus atau formula

$$CTR = \frac{V_{ann} - V_{slip}}{V_{ann}} \times 100\% \quad (II.25)$$

Keterangan :

$V_{transport}$: Kecepatan *Cutting* di *Annulus*, ft/s

V_{ann} : Kecepatan Lumpur Rata-rata di *Annulus*, ft/s

V_{slip} : Kecepatan *Slip Cutting*, ft/s

CTR : *Cutting Transport Ratio*, %

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan dalam waktu 6-8 bulan mulai dari rencana persiapan pelaksanaan – hingga pengumpulan 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

Desain 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. Penggunaan kedua metode penelitian berguna untuk mengetahui perbandingan antara dua jenis variable yang berbeda, serta dapat memiliki hubungan dan intervensi pada penelitian didalamnya. Penelitian ini akan mengintervensi dua data vairabel yaitu berupa lumpur polymer starch dan drispac yang merupakan natural polymer. Dua natural polymer tersebut akan diberikan pengaruh temperatur (100 oF, 150 oF dan 200 oF untuk diuji sifat fisik (Densitas, Viskositas, Plastik viskositas, Yield Point , Gel strength, Filtration loss dan pH) pada kandungan komposisi lumpur tersebut. Setelah itu akan di uji karakteristik lumpur tersebut terdapat pengangkatan cutting

3.3. Metode Analisis

Metode analisis data yang digunakan pada peneltian ini adalah mengguakan metode kualitatif.

Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini ada menguji komposisi pada lumpur natural polymer untuk di uji sifat fisik terhadap temperatur tertentu sehingga dapat diketahui komposisi yang baik dalam, proses pengangkatan cutting. Setelah mendapatkan sifat fisik akan diuji hasil tersebut dengan menggunakan metode cutting transport ratio untuk mengetahui seberapa besar persen rasion cutting pada saat melakukan pembersihan dari dasar lubang hingga naik ke permukaan

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator capaian yang akan dilakukan pada penelitian analisa cutting transport ratio pada lumpur pemboran menggunakan natural polymer starch dan drispac dengan berbagai temperatur adalah sebagai berikut :

- 1.Mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting.
- 2.Mengetahui perubahan nilai densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 3.Mengetahui perubahan nilai viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 4.Mengetahui perubahan nilai rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 5.Mengetahui faktor apa saja yang yang mempengaruhi proses pengangkatan *cutting* ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran .
- 6.Mengetahui pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan.
- 7.Mengetahui pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilann pengangkatan cutting ?
- 8.Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?
- 9.Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lumpur yang akan dibuat dan diteliti merupakan berbahan dasar air yaitu lumpur dengan menggunakan polymer starch dan polymer drispac, namun diperlukan beberapa komposisi tambahan seperti air yang berfungsi mencampurkan semua bahan yang akan digunakan pada sample lumpur tersebut, kemudian ada KOH yang berfungsi sebagai ph *control* dalam kedua sample lumpur tersebut, sehingga kedua sample lumpur tersebut dapat dalam kondisi basa. Terdapat bentonite yang berfungsi sebagai viscosifier pada lumpur tersebut sehingga kedua sample lumpur tersebut memiliki hasil lumpur yang visous. Kemudian terdapat KCl yang berfungsi sebagai mencegah terjadinya *swelling*. Kemudian ada K soltex untuk memperkuat ion K sehingga peran KCl memiliki fungsi yang lebih kuat pada saat akan mengikat ion Na sehingga jika terjadi masalah seperti *swelling shale* dapat cepat teratasi. Kemudian ada Barite yang berfungsi sebagai pemberat dalam kedua sample lumpur tersebut, sehingga akan mendapatkan nilai densitas yang optimal yang dapat mengimbangi antara tekanan hidrostatik dan tekanan formasi. Terakhir terdapat penambahan Defoamer yang berfungsi sebagai penghilang busa , pada sample ini diberitakan tambahan defoamer karena pada saat pembuatan lumpur tersebut terdapat busa setelah dilakukan mixing, sehingga diperlukan bahan tersebut.

Pada penelitian ini, kedua sample yang digunakan adalah sample Lumpur Starch dan sample lumpur drispac yang masing masing akan diuji dengan tiga temperatur yaitu 150 °F, 200 °F, 250 °F. Langkah awal yang diperlukan pengujian dua sample tersebut dalam skala laboratorium adalah untuk mengetahui nilai sifat fisik lumpur seperti densitas, viskositas , rheology , filtration loss, mud cake dan pH. Setelah dilakukan percobaan pembuatan lumpur dan mengetahui sifat fisik lumpur pada kedua sample lumpur tersebut, maka akan dilanjutkan analisis data sifat fisik dengan menggunakan data lapangan yang bertujuan untuk mengetahui hasil sifat fisik pada kedua sample tersebut apakah dapat digunakan atau tidak. Analisis yang digunakan yaitu dengan mengguji nilai sifat fisik seperti densitas dan rheology terhadap pengangkatan cutting pada sample tersebut dengan menggunakan metode Cutting Transport Ratio. Dibawah ini merupakan komposisi lumpur awal yang akan di uji pada laboratorium tersebut

Tabel 4. 1 Komposisi Lumpur Starch

Bahan	S.G	% Vol (350 ml)	lb/bbl	350 ml	Weight gram
Aquades (ml)	1	89,37	311,1	312,80	312,80
KOH (gr)	2,13	0,10	0,7	0,35	0,75
Bentonite (gr)	2,6	0,77	7	2,69	7
Starch (gr)	1,10	3,51	13,4	12,27	13,5
KCL (gr)	1,72	2,82	16,9	9,88	17
Soltex (gr)	1,40	0,82	4	2,86	4
Barite (gr)	4,20	2,04	29,8	7,14	30
Defoamer (ml)	1	0,57	2	2	2
Total		100	385	350	387

Dibawah ini merupakan Tabel 4.2 Komposisi Lumpur Drispac

Tabel 4. 2 Komposisi Lumpur Drispac

Bahan	S.G	% Vol (350 ml)	lb/bbl	350 ml	Weight gram
Aquades (ml)	1	92,23	321,1	323,81	322,81
KOH (gr)	2,13	0,10	0,7	0,35	0,75
Bentonite (gr)	2,6	0,77	7	2,69	7
Drispac (gr)	1,55	0,65	3,5	2,26	3,5
KCL (gr)	1,72	2,82	16,9	9,88	17
Soltex (gr)	1,40	0,82	4	2,86	4
Barite (gr)	4,20	2,04	29,8	7,14	30
Defoamer (ml)	1	0,57	2	2	2
Total		100	385,01	350	387

Dibawah ini ini merupakan tabel spesifikasi laboratorium yang akan digubakan pada kedua sample tersebut

Tabel 4. 3 Spesifikasi Lumpur yang Digunakan

No	Properties	Suhu (°F)			Unit
		150	200	250	
1	Densitas	9,0 – 9,5	9,5 – 10,0	10,0 – 11,0	ppg
2	<i>Funnel Viscosity</i>	15 - 25	25 - 35	35 - 45	sec/quartz
3	<i>Plastic Viscosity</i>	15 - 25	25 - 35	35 - 45	centipoise
4	<i>Yield Point</i>	15 - 20	20 - 25	25 - 30	lb/100sqft
5	<i>Gels Strength</i>	4-8 / 8-16	4-8 / 8-16	4-8 / 8-16	lb/100sqft
6	<i>Filtration Loss</i>	<=6	<=6	<=6	ml

4.1 Hasil Pengamatan Laboratorium

Pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti terdiri dari dua yaitu pengamatan sifat fisik lumpur seperti densitas dan *funnel viscosity* dan pengamatan *rheology* lumpur seperti *plastic viscosity*, *yield point*, *gels strength*, dan *filtration loss*.

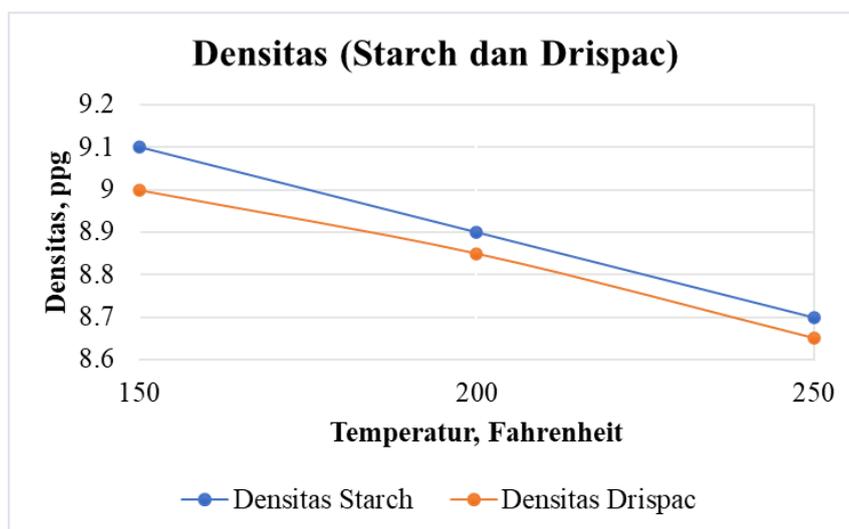
4.1.1 Densitas Lumpur

Densitas Berat jenis adalah berat persatuan volume dari lumpur yang memiliki pengaruh terhadap daya apung (*buoyancy effect*) terhadap partikel padatan, semakin besar berat jenis lumpur maka semakin tinggi kemampuan pengangkatannya karena pengaruh daya angkat pada lumpur tersebut. Penggunaan densitas yang tinggi juga harus dipelajari apakah memerlukan berat jenis yang tinggi dari berat jenis yang biasa digunakan. Ada beberapa sumur yang memerlukan berat jenis lumpur yang tinggi bertujuan untuk menjaga kestabilan lubang bor. Berikut ini merupakan Tabel IV.1 hasil pengukuran densitas terhadap berbagai suhu

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu

Lumpur Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	9,1	8,9	8,7	ppg
Drispac	9	8,85	8,65	ppg

Dibawah ini merupakan Gambar 4.1 hasil pengukuran densitas untuk kedua sample lumpur polymer starch dan drispac



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu

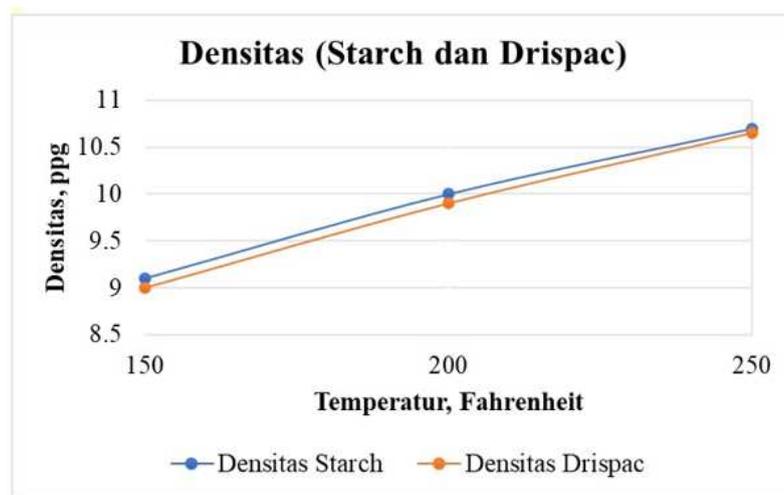
Pada gambar 4.1 terlihat penurunan nilai densitas pada setiap kenaikan suhu, penurunan ini disebabkan oleh berkurang fasa cair pada setiap sample tersebut dan pula terjadi pengendapan padatan sehingga massa dan volume dari lumpur berkurang. Pada gambar tersebut terlihat yang memiliki nilai sesuai dengan spesifikasi hanya pada sample lumpur starch dan drispac yang diberi pengaruh 150 °F, namun pada temperatur 200 °F dan 250 °F mengalami penurunan, sehingga diperlukan penambahan barite pada kedua sample pada temperatur 200 °F dan 250 °F. Penambahan barite dilakukan sebesar 60gram pada masing masing sample lumpur 200 °F didapatkan hasil berupa untuk sampel lumpur starch mendapatkan nilai 10 ppg dari sebelumnya 8,9 ppg, sedangkan untuk lumpur drispac mendapatkan nilai 9,9 ppg dari sebelumnya 8,85 ppg. Pada kedua sample tersebut didapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan .

Pada kedua sample lumpur 250 °F mendapatkan penambahan 120 gram pada masing-masing sample tersebut, untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil 10,7 ppg dari sebelumnya 8,7 ppg. Pada sample lumpur drisapac mendapatkan hasil 10,65 ppg dari hasil sebelumnya 8,65 ppg, sehingga didapatkan hasil pada kedua sample tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dibawah ini merupakan tabel 4.5 Hasil Pengukuran Densitas setelah dilakukan penambahan barite

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite

Lumpur Polimer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	9,1	10	10,7	ppg
Drispac	9	9,9	10,65	ppg

Dibawah ini merupakan gambar IV.2 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite

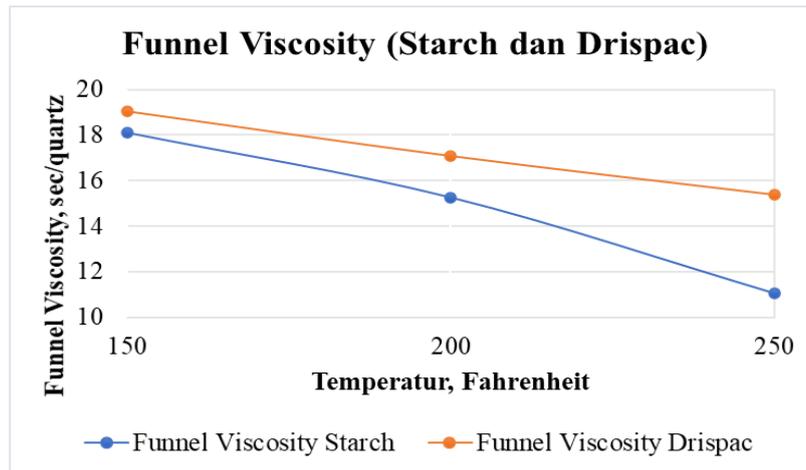
4.1.2 Viskositas Lumpur

Viskositas lumpur merupakan tahanan aliran yang ada pada lumpur. Alat untuk mengukur viskositas lumpur yaitu *marsh funnel* dalam satuan sec/quartz. Semakin lama lumpur keluar dari lubang yang ada pada *marsh funnel* maka lumpur tersebut kental atau memiliki viskositas yang besar. Sedangkan semakin cepat lumpur keluar dari lubang yang ada pada *marsh funnel* maka lumpur tersebut encer atau memiliki viskositas yang kecil. Nilai viskositas lumpur harus disesuaikan dengan standar spesifikasi yang sudah ditetapkan agar pengangkatan *cutting* dapat optimal. Viskositas lumpur sangat berpengaruh dalam proses pengangkatan *cutting* dikarenakan kekentalan dari lumpur dapat menambah daya angkat pada *cutting* keatas permukaan. Nilai viskositas akan berubah setiap kenaikan temperatur. Perubahan nilai viskositas terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Suhu

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	18,11	15,27	11,07	sec/quartz
Drispac	19,03	17,08	15,39	sec/quartz

Dibawah ini merupakan hasil dari grafik pengukuran viskositas terhadap perubahan suhu pada sample lumpur starch dan drispac



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

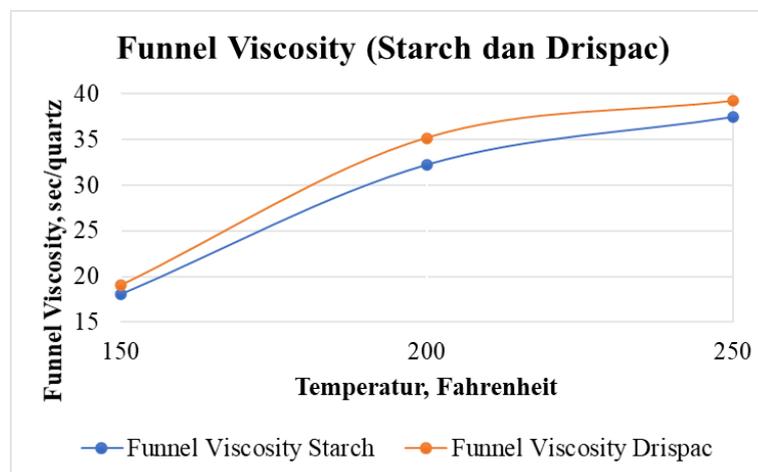
Hasil sample lumpur pada suhu 150 °F untuk sample lumpur starch mendapatkan nilai viskositas sebesar 18,11 sec/quartz. Pada sample lumpur yang mengandung drispac mendapatkan hasil sebesar 19,03 sec/quartz. Pada kedua hasil lumpur tersebut memiliki hasil yang telah memenuhi standar spesifikasi sehingga tidak perlu dilakukan treatment penambahan pada uji sample lumpur tersebut. Pada suhu 200°F untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil viskositas sebesar 15,27 sec/quartz, sedangkan pada sample lumpur drispac mendapatkan hasil viskositas sebesar 17,08 sec/quartz. Kedua sample lumpur pada suhu mendapatkan hasil yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Penurunan nilai viskositas pada kedua sample ini dikarena ada kenaikan suhu sehingga padatan dalam lumpur tersebut berkurang. Apabila kandungan pada padatan lumpur tersebut berkurang maka akan memperkecil nilai ketahanan atau gesekan pada lumpur tersebut. Pada sample 200 °F diperlukan treatment atau tambahan bahan komposisi yaitu bentonite sebesar 12 gram untuk sample lumpur starch dan 15 gram starch pada sample lumpur starch , sedangkan pada sampel lumpur drispac ditambahkan komposisi bentonite sebesar 8 gram dan drispac 1 gram . Setelah ditambahkan komposisi pada kedua sample tersebut maka didapatkan hasil viskositas untuk sample lumpur polymer 32,27 sec/quartz sedangkan untuk sample lumpur drispac mendapatkan hasil 35,19 sec/quartz. Pada suhu 250°F mendapatkan hasil viskositas untuk sample lumpur starch 11,07 sec/quartz, sedangkan pada sample lumpur drispac mendapatkan hasil 15,39 sec/quartz. Kedua sample lumpur tersebut mendapatkan hasil yang tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan, maka perlu dilakukan penambahan komposisi pada kedua sample tersebut. Penurunan hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut disebabkan oleh pengaruh suhu , sehingga padatan dalam lumpur tersebut berkurang. Penambahan bahan yang diberikan pada sampel lumpur 250°F untuk lumpur polymer starch berupa 18 gram, bentonite dan 20 gram starch sedangkan pada sampel lumpur drispac menambahkan 12 gram

bentonite dan 1,5 drispac . Hasil yang didapatkan pada sample lumpur tersebut adalah untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil 37,48 sec/quartz sedangkan drispac 39,22 sec/quartz. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	18,11	32,27	37,48	sec/quartz
Drispac	19,03	35,19	39,22	sec/quartz

Dibawah ini merupakan grafik hasil pengukuran viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.7 dan gambar 4.4 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite , starch dan drispac. Nilai viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk viskositas lebih baik menggunakan drispac mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

4.1.3 Plastik Viskositas

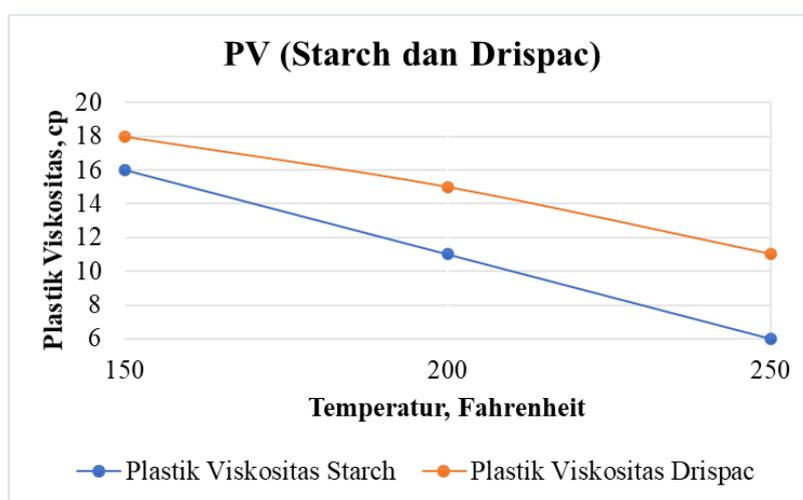
Plastik viskositas merupakan tahanan alir yang disebabkan oleh gaya gesek partikel. Kandungan padatan dan polymer dalam lumpur dapat mempengaruhi nilai plastik viskositas. Semakin banyak kandungan padatan dan kandungan polymer dalam lumpur maka nilai plastik viskositas semakin tinggi. Penurunan nilai plastik viskositas dapat diartikan dengan berkurangnya kandungan padatan dan polymer dalam lumpur. Plastik viskositas dapatkan ditingkatkan dengan cara menambahkan kandungan padatan dan polymer pada lumpur tersebut. Kandungan padatan dan polymer dalam lumpur harus diperhatikan ukuran partikel dan luas permukaan partikel. Semakin besar luas permukaan partikel akan mengakibatkan peningkatan pada nilai plastik viskositas, hal tersebut dapat menimbulkan

semakin besar pula partikel bergesek dengan partikel lainnya. Setiap perubahan temperatur mengakibatkan perubahan pada nilai plastik viskositas. Pada tabel 4.8 dibawah ini menunjukkan perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai suhu.

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	16	11	6	cp
Drispac	18	15	11	cp

Grafik perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

Pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.5 menunjukkan penurunan hasil pada nilai plastik viskositas, ini disebabkan oleh adanya perubahan suhu dari 150 °F sampai 250 °F, dikarena semakin tinggi suhu yang diberikan maka volume pada lumpur tersebut akan memuai. Kandungan pada padatan dalam lumpur tersebut mengendapa dibagian dasar permukaan aging cell sehingga gaya gesek antar partikel padaran lumpur tersebut mengecil . Pada sample lumpur 150 °F kedua sample tersebut mendapatkan hasil sesuai standar spesifikasi yang diinginkan yaitu untuk lumpur starch 16 cp dan lumpur drispac 18 cp maka tidak perlu dilakukan treatment penambahan bahan.

Pada suhu 200 °F mendapatkan hasil plastic viskositas untuk sample lumpur starch 11 cp sedangkan drispac 15 cp. Hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut menunjukan nilai dibawah stadar spesifikasi yang diinginkan, maka diperlukan penambahan bahan pada kedua sample tersebut. Penurunan tersebut disebabkan memuaikan volume pada lumpur tersebut sehingga lumpur mengendap kebagian bawah permukaan *aging cell* setelah dilakukan *hot rolling oven* selama 16 jam. Keefektifan pada kedua sample lumpur polymer tersebut turun sehingga diperlukan lakukan penambahan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut. Pada sample lumpur polymer starch ditambahkan 12 gram bentonite dan 15 gram starch, sedangkan untuk sample lumpur drispac ditambahkan 8 gram

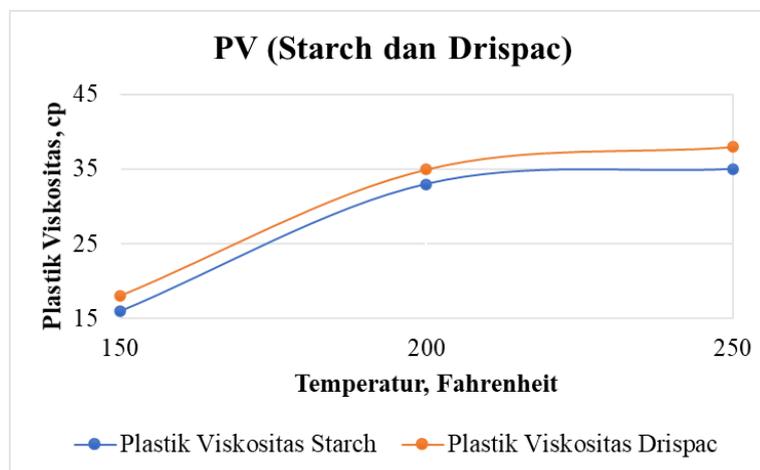
bentonite dan 1 gram drispac untuk menaikkan nilai plastik viskositas dari hasil sebelumnya. Hasil yang didapat untuk sample lumpur polymer starch sebesar 33 cp sedangkan untuk sample lumpur drispac 35 cp. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Pada suhu 250 °F didapatkan hasil plastic viskositas untuk sample lumpur starch 6 cp sedangkan drispac 11 cp. Hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut menunjukkan nilai dibawah stadar spesifikasi yang diinginkan, maka diperlukan penambahan bahan pada kedua sample tersebut. Penurunan tersebut disebabkan memuaikan volume pada lumpur tersebut sehingga lumpur mengendap kebagian bawah permukaan aging cell setelah dilakukan hot rolling oven selama 16 jam. Keefektifan pada kedua sample lumpur polymer tersebut turun sehingga diperlukan penambahan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut. Pada sample lumpur polymer starch ditambahkan 18 gram bentonite dan 20 gram starch, sedangkan untuk sample lumpur drispac ditambahkan 12 gram bentonite dan 1,5 gram drispac untuk menaikkan nilai plastic viskositas dari hasil sebelumnya . Hasil yang didapat adalah untuk sample lumpur polymer starch sebesar 35 cp sedangkan untuk sample lumpur drispac 38 cp. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran plastik viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F

Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	16	33	35	cp
Drispac	18	35	38	cp

Grafik perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar IV.6 dibawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.9 dan gambar 4.6 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite , starch dan drispac. Nilai plastic viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk plastic viskositas lebih baik menggunakan drispac untuk mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

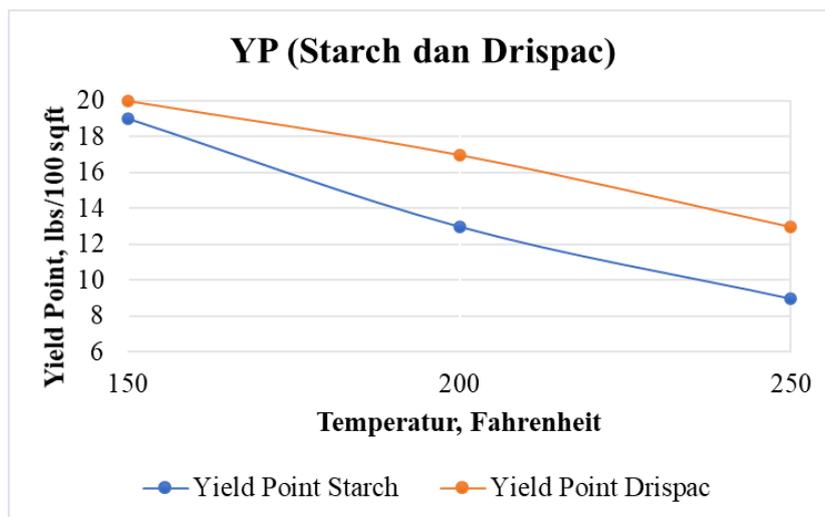
4.1.4 Yield Point

Yield point adalah tahanan aliran yang dipengaruhi oleh gaya tarik menarik antar partikel dalam keadaan dinamis. Gaya tarik menarik antar partikel disebabkan oleh adanya muatan dari partikel tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *yield point* dari lumpur seperti konsentrasi volume kandungan padatan dalam lumpur dan jumlah muatan partikel yang terkandung dalam lumpur. Perubahan *yield point* dapat dipengaruhi oleh temperatur. Nilai *yield point* pada lumpur harus sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dikarenakan hal tersebut dapat mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal. Perubahan *yield point* terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* dapat ditunjukkan pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran *Yield point* Terhadap Berbagai Suhu

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	19	13	9	lbs/100 sqft
Drispac	20	17	13	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *yield point* terhadap berbagai temperature pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran *Yield point* Terhadap Temperatur

Pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.7 untuk suhu 150°F untuk sampel lumpur starch dan drispac mendapatkan hasil sesuai dengan standar spesifikasi yang diinginkan yaitu berkisar 19 lbs/100 sqft dan 20 lbs/100 sqft, maka hasil tersebut tidak perlu dilakukan penambahan bahan atau komposisi. Pada sample lumpur suhu 200°F mendapatkan hasil untuk sampel lumpur starch sebesar 13 lbs/100 sqft dan untuk sample lumpur drispac sebesar 17 lbs/100 sqft. Pada sample ini mengalami penurunan hasil dari sample sebelumnya. Ini disebabkan ada perubahan suhu yang diberikan pada kedua sample ini sehingga volume pada lumpur tersebut memuai dan membuat jumlah partikel yang saling menarik atau

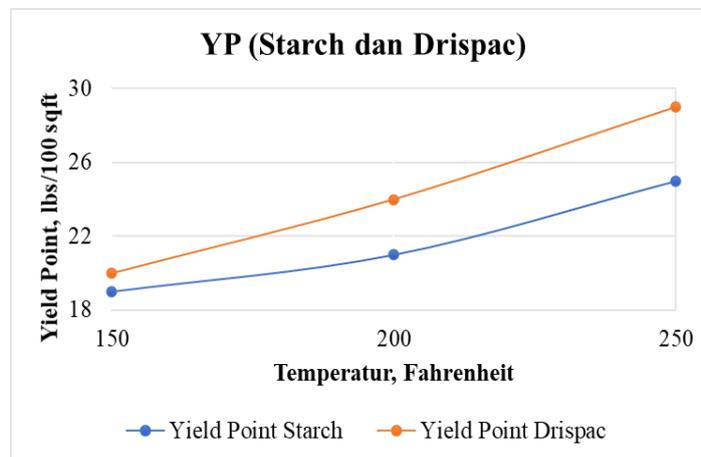
bergesekan menjadi berkurang. Pada sample dibutuhkan penambahan komposisi yaitu untuk sample lumpur starch menambahkan 12gram bentonite dan 15gram starch sedangkan untuk sample lumpur drispac menambahkan 8gram bentonite dan 1gram drispac. Hasil yang di peroleh adalah sebesar 21 lbs/100sqft untuk sample lumpur starch dan lumpur yang mengandung drispac mendapatkan nilai *yield point* sebesar 24 lbs/100sqft.

Pada sample lumpur suhu 250 °F mendapatkan hasil untuk sampel lumpur starch sebesar 9 lbs/100 sqft dan untuk sample lumpur drispac sebesar 13 lbs/100 sqft. Pada sample ini mengalami penurunan hasil dari sample sebelumnya. Ini disebabkan ada perubahan suhu yang diberikan pada kedua sample ini sehingga volume pada lumpur tersebut memuai dan membuat jumlah partikel yang saling menarik atau bergesekan menjadi berkurang. Pada sample dibutuhkan penambahan komposisi yaitu untuk sample lumpur starch menambahkan 18gram bentonite dan 20gram starch sedangkan untuk sample lumpur drispac menambahkan 12gram bentonite dan 1gram drispac. Hasil yang di peroleh adalah sebesar 25 lbs/100sqft untuk sample lumpur starch dan lumpur yang mengandung drispac mendapatkan nilai *yield point* sebesar 29 lbs/100sqft. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran *yield point* setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200 °F dan 250 °F

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran *Yield point* Setelah Penambahan Bahan

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	19	21	25	lbs/100 sqft
Drispac	20	24	29	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *yield point* terhadap berbagai temperatur setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar IV.8 dibawah ini.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengukuran *Yield point* Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.11 dan gambar 4.8 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite, starch dan drispac. Nilai plastic viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk plastic viskositas lebih baik menggunakan driapac mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

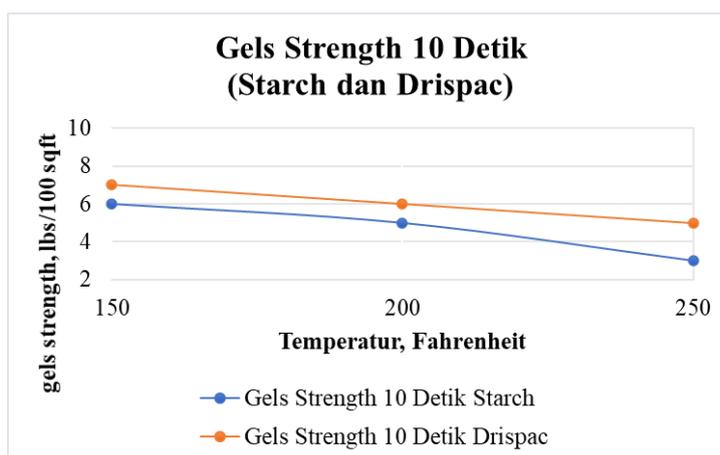
4.1.5 Gel Strength

Gel strength dalam lumpur merupakan ukuran gaya tarik menarik antar partikel yang ada dalam lumpur. Gaya tarik tersebut dalam lumpur bersifat statik atau dalam kondisi diam. Salah satu fungsi *gel strength* pada lumpur untuk menahan *cutting* tidak jatuh kedalam bawah lubang pemboran pada saat sirkulasi dihentikan. Pengukuran *gels strength* dalam lumpur terdiri dari dua yaitu pengukuran *gel strength* selama 10 detik dan selama 10 menit. Perubahan *gel strength* dalam lumpur dapat dipengaruhi oleh perubahan pada temperatur dalam sistem lumpur. Tabel 4.12 dibawah ini menunjukkan perubahan nilai *gels strength* lumpur terhadap berbagai temperatur.

Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran *Gels Strength* Terhadap Berbagai Suhu

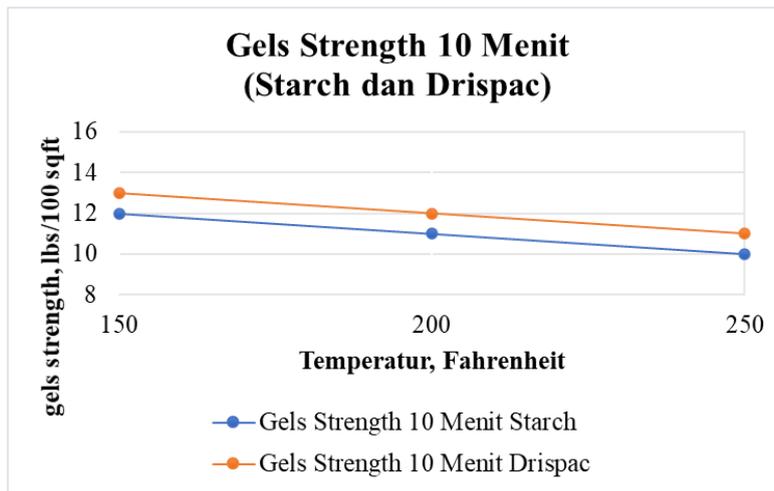
Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6/12	5/11	3/10	lbs/100 sqft
Drispac	7/13	6/12	5/11	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 detik terhadap berbagai temperatur dapat ditunjukkan pada gambar IV.9 dibawah ini.



Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu

Grafik perubahan nilai *gel strength* 10 menit terhadap berbagai temperatur dapat ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu

Pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 pengukuran *gel strength* 10 detik dan 10 menit mengalami penurunan. Penurunan *gel strength* tersebut dikarenakan kandungan padatan dalam lumpur mengendap setelah *hot rolling oven* selama 16 jam sehingga gaya tarik menarik antar partikel dalam kondisi statik pada lumpur menjadi berkurang serta keefektifan penggunaan *natural polymer* berkurang setiap kenaikan temperatur. Pada temperatur 150 °F lumpur yang mengandung *natural polymer* starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft. Pada temperatur 150°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 7 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 13 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur yang mengandung starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 5 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 11 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft. Pada temperatur 250°F lumpur yang mengandung *natural polymer* starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 3 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 10 lbs/100sqft. Pada temperatur 250°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 5 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 11 lbs/100sqft.

Dari hasil pengukuran *gel strength* tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi standar lumpur yang ditunjukkan pada tabel 4.3 namun untuk *gels strength* 10 detik lumpur yang mengandung starch tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Pada kedua lumpur tersebut ditambahkan beberapa bahan dikarenakan untuk mencapai nilai densitas, viskositas, plastik viskositas, dan *yield point* sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Penambahan bahan tersebut berpengaruh terhadap perubahan nilai *gels strength* lumpur. perubahan nilai *gels strength* setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada tabel IV.13 dibawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran *Gels Strength* Setelah Penambahan Bahan

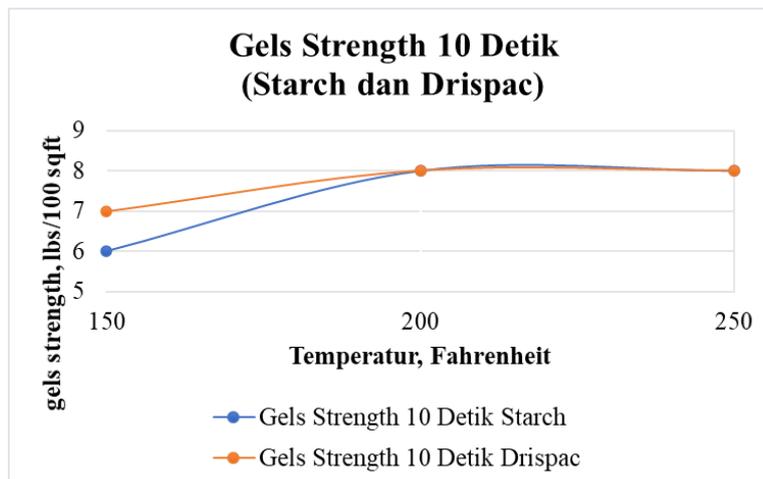
Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6/12	8/16	8/16	lbs/100 sqft
Drispac	7/13	8/16	8/16	lbs/100 sqft

Pada tabel 4.13 kedua lumpur yang ditambahkan bahan seperti bentonite, starch, drispac, dan barite mengalami peningkatan nilai *gels strength* dikarenakan lumpur diberikan kandungan padatan

dan polymer sehingga gaya tarik menarik dalam kondisi static antar partikel dalam lumpur menjadi meningkat. Pada temperatur 150 °F kedua lumpur tidak diberikan penambahan bahan sehingga nilai *gels strength* tetap yaitu pada sampel lumpur starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 7 lbs/100sqft dan *gels strength* 10 menit sebesar 13 lbs/100sqft.

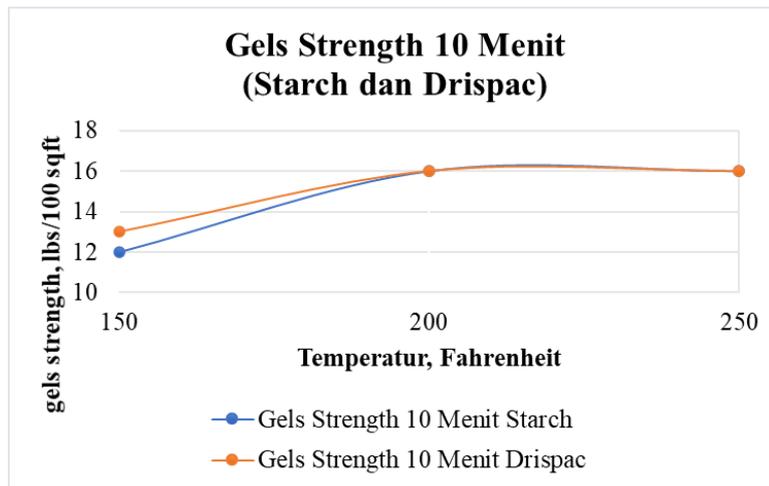
Pada temperatur 200°F lumpur diberikan *treatment* tambahan seperti bentonite sebanyak 12gram dan starch sebanyak 15gram kedalam lumpur yang mengandung *natural polymer* starch sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur diberikan *treatment* tambahan seperti bentonite sebanyak 8 gram dan drispac sebanyak 1 gram kedalam lumpur yang mengandung drispac sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100 sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft.

Lumpur yang mengandung starch pada temperatur 250°F diberikan penambahan seperti bentonite sebanyak 18 gram dan starch sebanyak 20 gram sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Lumpur yang mengandung drispac pada temperatur 250°F diberikan *treatment* tambahan seperti penambahan bentonite sebanyak 12 gram dan drispac sebanyak 1,5 gram sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Barite juga ditambahkan kedalam kedua lumpur tersebut sebanyak 60 gram pada temperatur 200°F dan 120 gram pada temperatur 250°F. Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 detik setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Setelah Penambahan Bahan

Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 menit setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar 4.12



Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Menit Setelah Penambahan Bahan

4.1.6 Filtration Loss

Pada lumpur pemboran terdapat 3 fasa yaitu fasa cair, kimia, dan padatan. *Filtration loss* merupakan fasa cair yang terdapat dalam lumpur yang hilang kedalam formasi batuan. Fasa cair yang hilang kedalam formasi batuan dinamakan filtrat. Fasa cair yang hilang kedalam formasi batuan akan menimbulkan sebuah partikel padatan-padatan yang menempel pada dinding lubang bor yang dinamakan mud cake atau filtrat cake. Kenaikan temperatur dapat menyebabkan nilai *filtration loss* menjadi besar dan membuat mud cake yang cukup tebal. Perubahan *filtration* terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada tabel IV.14 dibawah ini.

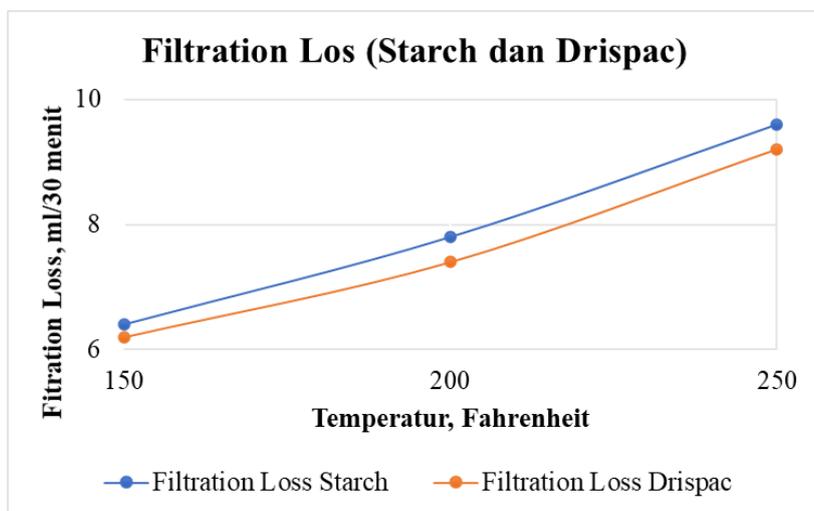
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Terhadap Temperatur

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6,4	7,8	9,6	ml
Drispac	6,2	7,4	9,2	ml

Tabel 4.14 menunjukkan setiap kenaikan temperatur maka nilai *filtration loss* pada lumpur meningkat dikarenakan lumpur menjadi encer sehingga fasa cair dalam lumpur lebih mudah masuk kedalam pori-pori formasi batuan. Pada temperatur 150°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 6,4 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 6,2 ml. Pada temperatur 200°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 7,8 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 7,4 ml. Pada temperatur 250°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 9,6 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 9,2 ml.

Pada temperatur 150°F, 200°F, dan 250°F sampel lumpur yang mengandung starch dan drispac nilai *filtration loss* sesuai dari standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Pada temperatur 200°F dan 250°F Lumpur yang mengandung starch dan drispac dilakukan *treatment* tambahan untuk menjaga nilai dari densitas, plastik viskositas, dan *yield point*. *Treatment* tambahan yang dilakukan pada kedua sampel lumpur dengan cara penambahan bentonite, starch, drispac, dan barite. Penambahan bahan tersebut dapat menyebabkan perubahan nilai *filtration loss* pada kedua sampel lumpur. Perubahan nilai *filtration loss* terjadi setelah penambahan bahan dikarenakan sampel

lumpur ditambahkan bentonite yang merupakan padatan yang berfungsi untuk membuat viskositas lumpur dan dapat membantu mengurangi fasa air pada lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan dan penambahan *polymer starch* dan *polymer drispac* untuk meningkatkan viskositas lumpur serta mengurangi fasa air dalam lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan. Grafik perubahan filtration terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada gambar IV.13 dibawah ini.



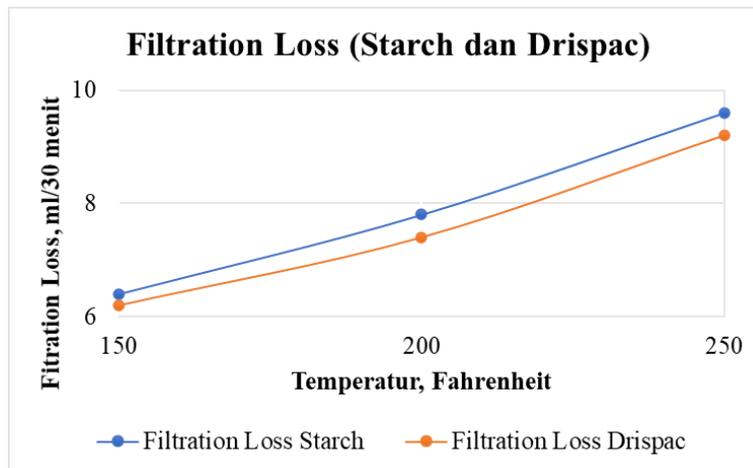
Gambar 4. 13 Grafik Perubahan *Filtration Loss* Terhadap Temperatur

Perubahan *filtration loss* ditunjukkan pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Setelah Penambahan Bahan

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6,4	5,8	2,4	ml
Drispac	6,2	5,6	2,2	ml

Grafik perubahan nilai *filtration loss* pada kedua sampel lumpur setelah penambahan bahan dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Setelah Penambahan Bahan

Pada gambar 4.14 menunjukkan hasil *filtration loss* pada kedua sampel lumpur mengalami penurunan dikarenakan ditambahkan kandungan padatan dan polymer kedalam masing-masing lumpur sehingga lumpur menjadi kental dan fraksi air dalam lumpur menjadi berkurang. Kedua tersebut selain membentuk viskositas juga memiliki kemampuan untuk mengontrol *filtration loss*. Lumpur yang kental membuat fasa air yang ada dalam lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan menjadi sulit serta dipengaruhi juga penambahan polymer seperti starch dan drispac yang kedua *polymer* tersebut memiliki fungsi untuk mengontrol filtrat lumpur agar tidak masuk kedalam pori-pori batuan secara berlebihan. Penambahan starch dan drispac juga berpengaruh terhadap kekentalan dari lumpur. Peningkatan penurunan nilai *filtration loss* dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi dari starch dan drispac. Pada temperatur 150°F sampel lumpur yang mengandung starch dan *natural polymer* drispac tidak mengalami perubahan nilai *filtration loss* dikarenakan tidak ditambahkan bahan kedalam lumpur. Pada temperatur 200°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 5,8 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 5,6 ml. Pada temperatur 250°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 2,4 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 2,2 ml.

4.2 Pengangkatan *Cutting Trayek* 17-1/2” Pada Temperatur 150°F

Setelah melakukan percobaan di laboratoroum sampel lumpur KCL Polymer (starch dan drispac) akan dilakukan pengujian perhitungan pengangkatan cutting. Pengujian disini dilakukan untuk mengetahui seberapa optimalkan sample lumpur tersebut jika diuji pada saat proses pengangkatan cutting di sumur pemboran. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan *cutting trayek* 17-1/2” untuk lumpur yang mengandung sample lumpur starch pada temperatur 150°F dapat ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	2875/2672	ft
Lubang Sumur	17,5	inch
Inklinasi Sumur	27,05	derajat
Densitas Lumpur	9,10	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	16	cp
<i>Yield point</i> Lumpur	19	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,54	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,18	fraksi
Kcci	604,504	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	1,076650	%
RPM	36	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	60,27	ft/hr
Laju Alir Pompa	900	gpm

Dibawah ini merupakan data perhitungan *cutting* pada sample lumpur KCl Polymer (Drispac) pada Trayek 17 ½ Inchi pada Temperatur 150°F

Tabel 4. 17 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	2875/2672	ft
Lubang Sumur	17,5	inch
Inklinasi Sumur	27,05	derajat
Densitas Lumpur	9	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	18	cp
<i>Yield point</i> Lumpur	20	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,56	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,16	fraksi
Kcci	592,935	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	1,076650	%
RPM	36	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	60,27	ft/hr
Laju Alir Pompa	900	gpm

Dari tabel 4.16 dan 4.17 selanjutnya akan dilakukan perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F menggunakan

sampel lumpur yang sudah dilakukan *treatment* tambahan dengan cara menambahkan komposisi seperti bentonite, starch atau drispac, dan barite. Hasil perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pada sampel lumpur KCl starch trayek 17-1/2” dengan temperatur 150 °F dapat ditunjukkan pada tabel IV.18.

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,63	1,721206	4,083706	871,773343	Laminar
Float Sub	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
Stabilizer	15	4,523077	6,262332	332,036157	Laminar
Mole Shoe MWD	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
NMDC	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
X/O Sub	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
HWDP	7,94	1,511062	3,798015	1011,193396	Laminar
Drilling Jar	5	1,306667	3,436687	1221,433670	Laminar
HWDP	6,25	1,375439	3,574371	1137,074407	Laminar
DP*(OH)	5	1,306667	3,436687	1221,433670	Laminar
DP*(CH)	5	2,924195	4,205169	660,164644	Laminar

Hasil perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pada lumpur KCl Polymer drispac trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dapat ditunjukkan pada tabel IV.19.

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150°F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viscosity, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,63	1,721206	4,251896	842,920461	Laminar
Float Sub	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
Stabilizer	15	4,523077	6,637335	332,286341	Laminar
Mole Shoe MWD	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
NMDC	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
X/O Sub	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
HWDP	7,94	1,511062	3,942519	972,569042	Laminar
Drilling Jar	5	1,306667	3,552628	1166,894879	Laminar
HWDP	6,25	1,375439	3,701004	1089,077267	Laminar
DP*(OH)	5	1,306667	3,552628	1166,894879	Laminar
DP*(CH)	5	2,924195	4,383707	644,673414	Laminar

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai Vann pada sampel lumpur yang mengandung starch dan sampel lumpur drispac bernilai sama yaitu berkisar 1,306667 ft/s sampai dengan 4,523077 ft/s. Pada nilai Vann kedua sampel lumpur sama dikarenakan parameter yang digunakan untuk perhitungan Vann bernilai sama. Parameter yang mempengaruhi nilai Vann adalah laju alir pompa,

diameter luar BHA (*Bottom Hole Assembly*), dan diameter lubang sumur. Pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) nilai V_{ann} berbeda-beda dikarenakan ukuran diameter luar pipa berbeda, semakin besar ukuran diameter luar pipa maka V_{ann} semakin besar dan sebaliknya. Peningkatan diameter luar pipa BHA (*Bottom Hole Assembly*) akan menyebabkan diameter annulus semakin mengecil dan laju aliran didalam annulus semakin membesar. Perhitungan V_{ann} dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.11.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai V_{crit} pada sampel lumpur starch dan sampel lumpur drispac bernilai berbeda yaitu pada sampel lumpur starch nilai V_{crit} berkisar 3,436687 ft/s sampai dengan 6,262332 ft/s sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 3,552628 ft/s sampai dengan 6,637335 ft/s. perbedaan nilai V_{crit} tersebut dari kedua sampel lumpur dikarenakan nilai indeks kelakuan aliran, densitas lumpur, dan nilai konstanta *power law* berbeda. Nilai yang mempengaruhi indeks kelakuan aliran dan nilai konstanta *power law* adalah plastik viskositas dan *yield point*.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai annular viskositas pada sampel lumpur starch dan sampel lumpur drispac bernilai berbeda yaitu pada sampel lumpur yang starch nilai annular viskositas berkisar 332,036157 cp sampai dengan 1221,433670 cp sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai annular viskositas berkisar 332,286341 cp sampai dengan 1166,894879 cp. Nilai yang mempengaruhi annular viskositas adalah V_{ann} , indeks kelakuan aliran, konstanta *power law* dan diameter lubang annulus. Perhitungan annular viskositas dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.8.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa pola aliran dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah laminar, hal tersebut terjadi karena nilai pada V_{ann} masih lebih rendah dengan nilai V_{crit} dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*). Jenis aliran bergantung dengan nilai V_{ann} dan V_{crit} . Meningkatnya nilai V_{ann} dipengaruhi oleh peningkatan laju alir pompa dan kecilnya diameter lubang annulus. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{crit} adalah densitas lumpur, plastik viskositas, dan *yield point*. Pola aliran turbulen sangat dihindarkan pada saat pemboran dikarenakan dapat menyebabkan erosi pada lubang dinding bor.

Dari tabel 4.18 dan 4.19 selanjutnya akan dilakukan perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur yang mengandung starch dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	N_{re} partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,008569	0,008849	0,014777
Float Sub	0,006429	0,007665	0,012800
Stabilizer	0,059067	0,023234	0,038798
Mole Shoe MWD	0,006429	0,007665	0,012800
NMDC	0,006429	0,007665	0,012800
X/O Sub	0,006429	0,007665	0,012800
HWD	0,006369	0,007629	0,012740
Drilling Jar	0,004365	0,006316	0,010547
HWD	0,005037	0,006785	0,011329
DP*(OH)	0,004365	0,006316	0,010547
DP*(CH	0,014942	0,011686	0,019514

Hasil perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur drispac dapat dilihat pada tabel 4.21 dibawah ini

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	N_{re} partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,009162	0,009251	0,015320
Float Sub	0,006944	0,008054	0,013337
Stabilizer	0,058957	0,023466	0,038862
Mole Shoe MWD	0,006944	0,008054	0,013337
NMDC	0,006944	0,008054	0,013337
X/O Sub	0,006944	0,008054	0,013337
HWDP	0,006882	0,008017	0,013277
Drilling Jar	0,004781	0,006682	0,011066
HWDP	0,005488	0,007160	0,011857
DP*(OH)	0,004781	0,006682	0,011066
DP*(CH)	0,015663	0,012095	0,020031

Pada tabel 4.20 dan tabel 4.21 terlihat bahwa nilai N_{re} partikel dibawah nilai 3 sehingga arah aliran dari kedua sampel lumpur terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pola alirannya adalah laminar. Nilai N_{re} partikel dari sampel lumpur starch berkisar 0,004365 sampai dengan 0,059067. Nilai N_{re} partikel dari sampel lumpur drispac berkisar 0,004781 sampai dengan 0,058957. Faktor yang mempengaruhi nilai N_{re} partikel adalah densitas lumpur, V_{slip} , diameter *cutting* dan viskositas annular. Peningkatan nilai annular viskositas dapat menurunkan nilai N_{re} partikel, hal tersebut dikarenakan semakin kental lumpur didalam annulus maka *cutting* yang ada didalam annulus bergerak sejajar. Pergerakan *cutting* tersebut menandakan pola aliran laminar. Penurunan nilai N_{re} partikel dapat membuat pola aliran menjadi laminar. Perhitungan N_{re} partikel pada penelitian ini menggunakan V_{slip} laminar dikarenakan pola aliran kedua sampel lumpur adalah laminar, perhitungan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.14. Pada penelitian ini nilai diameter *cutting* sama dari kedua sampel lumpur sehingga tidak berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel.

Nilai V_{slip} pada sampel lumpur starch berkisar 0,006316 ft/s sampai dengan 0,023234 ft/s. Nilai V_{slip} pada sampel lumpur drispac berkisar 0,006682 ft/s sampai dengan 0,023466 ft/s. Perhitungan tersebut menggunakan V_{slip} dengan pola aliran laminar dikarenakan dari nilai N_{re} partikel menunjukkan pola aliran laminar. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} pola aliran laminar adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan nilai annular viskositas. Pada perhitungan V_{slip} peningkatan nilai annular viskositas berpengaruh terhadap nilai kecepatan slip (V_{slip}) dikarenakan kekentalan lumpur didalam annulus (annular viskositas) dapat menurunkan nilai kecepatan kritik lumpur untuk mengangkat *cutting* keatas permukaan (V_{slip}). Nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan V_{slip} hal tersebut dapat dilihat pada persamaan II.4, semakin besar nilai viskositas annular maka semakin kecil nilai V_{slip} dan sebaliknya. Penurunan nilai V_{slip} menandakan bahwa perbedaan antara kecepatan minimum fluida didalam annulus agar *cutting* dapat terangkat keatas permukaan (V_{min}) dengan kecepatan *cutting* didalam annulus (V_{cut}) semakin mengecil dan sebaliknya. Nilai V_{slip} yang kecil hal yang diharapkan dikarenakan V_{cut} mendekati dengan kecepatan V_{min} , *cutting* sudah terangkat keatas permukaan dengan mendekati kecepatan lumpur di annulus yang menandakan lumpur tersebut kental dan kecepatan *transport cutting* meningkat.

Pada trayek ini sudut inklinasi sumur kurang dari 45 ° oleh sebab itu harus dilakukan perhitungan pengkoreksian Vslip, perhitungan Vslip koreksi kurang dari 45 ° dapat dilihat pada persamaan II.7. Nilai Vslip koreksi dari sampel lumpur starch berkisar 0,010547 ft/s sampai dengan 0,038798 ft/s. Nilai Vslip koreksi dari lumpur drispac berkisar 0,011066 ft/s sampai dengan 0,038862 ft/s. Perbedaan nilai Vslip koreksi dipengaruhi oleh Vslip, RPM, sudut inklinasi sumur, dan densitas lumpur. Pada sampel lumpur drispac nilai Vslip koreksi lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch, hal ini dikarenakan nilai Vslip pada sampel lumpur drispac memiliki komposisi lebih besar dibandingkan nilai Vslip pada sampel lumpur starch. Dari hasil perhitungan Vann dan Vslip koreksi, n dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan Hasil perhitungan pengangkatan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.22 dibawah ini.

Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Cutting Sample Lumpur KCl Polymer (Starch) Pada Trayek 17-1/2 ” Pada Temperatur 150 °F

BHA	CTR
Mud Motor	99,141459
Float Sub	99,156276
Stabilizer	99,142216
Mole Shoe MWD	99,156276
NMDC	99,156276
X/O Sub	99,156276
HWDP	99,156896
Drilling Jar	99,192834
HWDP	99,176303
DP*(OH)	99,192834
DP*(CH)	99,332673

Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* CTR pada trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dari sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Cutting Sample Lumpur KCl Polymer (Drispac) Pada Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	CTR
Mud Motor	99,109950
Float Sub	99,120819
Stabilizer	99,140814
Mole Shoe MWD	99,120819
NMDC	99,120819
X/O Sub	99,120819
HWDP	99,121320
Drilling Jar	99,153090
HWDP	99,137947
DP*(OH)	99,153090
DP*(CH)	99,315005

Pada tabel 4.22 dan tabel 4.23 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur yang mengandung starch berkisar 99,141459 % sampai dengan 99,332673 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur yang mengandung drispac berkisar 99,109950 % sampai dengan 99,315005 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah Vslip koreksi yang bernilai kecil dan nilai Vann. Vslip koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan Vann. Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur starch nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur yang mengandung drispac, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* starch lebih besar yaitu 1,18 dan sampel lumpur yang mengandung drispac lebih kecil yaitu 1,16. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastikviskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

4.3 Pengangkatan *Cutting* Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200°F

Kedua sampel akan dilakukan perhitungan pengangkatan *cutting* dengan menggunakan metode CCI (*Cutting Carry Index*), CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan CCA (*Cutting Concentration in Annulus*). Perhitungan tersebut dilakukan pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan pengangkatan *cutting* dapat dilihat pada tabel IV.26 dibawah ini.

Tabel 4. 24 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCl Polymer
(Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5708/4944	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	37,48	derajat
Densitas Lumpur	10	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	33	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	21	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,69	fraksi
K (<i>Power law</i> Constant)	0,74	fraksi
Kcci	377,771	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,735452	%
RPM	63	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	41,08	ft/hr
Laju Alir Pompa	577,36	gpm

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan *cutting* trayek 12-1/4" untuk lumpur drispac pada temperatur 200°F dapat ditunjukkan pada tabel 4.25 dibawah ini.

Tabel 4. 25 Data Perhitungan Pengangkatan Cutting Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5708/4944	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	37,48	derajat
Densitas Lumpur	9.9	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	35	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	24	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,67	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	0,89	fraksi
Kcci	456,375	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,735452	%
RPM	63	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	41,08	ft/hr
Laju Alir Pompa	577,36	gpm

Dari tabel 4.24 dan tabel 4.25 selanjutnya dilakukan perhitungan V_{ann} , V_{crit} , dan Annular Viskositas untuk menentukan nilai CTR (Cutting Transport Ratio). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.26 dibawah ini.

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
Float Sub	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
X/O Sub	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
NMDC	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
NMDC	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar
UP/UPU	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar
NMDC	8,06	2,770369	5,785589	338,493427	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
DC	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar

Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4”

Pada Temperatur 200 °F (lanjutan)

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
X/O Sub	7,94	2,709243	5,700538	343,872927	Laminar
Drilling Jar	6,50	2,186716	4,900685	402,230778	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar
DP*(OH)	5	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar
DP*(CH)	5	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar

Hasil perhitungan Vann, Vcrit, Annular viskositas dan jenis aliran dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.28 dibawah ini.

Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
Float Sub	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
X/O Sub	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
NMDC	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
NMDC	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
UP/UPU	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
NMDC	8,06	2,770369	6,324561	407,715351	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
DC	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
X/O Sub	7,94	2,709243	6,234842	414,532401	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
Drilling Jar	6,50	2,186716	5,388671	488,823254	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
DP*(OH)	5	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
DP*(CH)	5	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai V_{ann} dari sampel lumpur starch dan dari sampel lumpur drispac bernilai sama. Persamaan nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur dikarenakan laju alir pompa dan ukuran diameter annulus dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) yang digunakan pada penelitian ini adalah sama. Nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur berkisar 1,885100 ft/s sampai dengan 3,941573 ft/s. Laju alir pompa berbanding lurus dengan nilai V_{ann} sehingga semakin besar nilai laju alir pompa maka nilai V_{ann} semakin besar. Diameter annulus pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) berbanding terbalik dengan nilai V_{ann} sehingga semakin kecil diameter tersebut maka nilai V_{ann} semakin besar.

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai V_{crit} dari kedua sampel lumpur bernilai

berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law*, indeks kelakuan aliran dan densitas lumpur berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai V_{crit} . Dari sampel lumpur starch nilai V_{crit} berkisar 4,339684 ft/s sampai dengan 7,215457 ft/s sedangkan dari sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 4,792307 ft/s sampai dengan 7,826445 ft/s. Nilai V_{crit} pada sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch dikarenakan nilai konstanta *power law* yang dihasilkan dari sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 0,89 sedangkan pada sampel lumpur starch sebesar 0,74. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi oleh plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran. Nilai plastik viskositas dan *yield* berbanding lurus dengan nilai konstanta *power law* sedangkan indeks kelakuan aliran berbanding terbalik dengan nilai konstanta *power law* sehingga dengan meningkatnya nilai plastic viskositas dan *yield point* serta dengan menurunnya indeks kelakuan aliran maka nilai konstanta *power law* semakin besar dan sebaliknya. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari sampel lumpur starch nilai indeks kelakuan aliran lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac yaitu sebesar 0,69 dan sampel lumpur drispac nilai indeks kelakuan aliran sebesar 0,67. Pernyataan mengenai nilai plastik viskositas dan *yield point* terhadap nilai konstanta *power law* dapat dilihat bahwa nilai sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch yaitu pada plastik viskositas sebesar 35 cp dan *yield point* sebesar 24 lbs/100 sqft sedangkan sampel lumpur *natural polymer* starch nilai yaitu pada plastik viskositas sebesar 33 cp dan *YP* sebesar 21 lbs/100sqft.

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai annular viskositas dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai annular viscosity. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch berkisar 265,911980 cp sampai dengan 452,880453 cp sedangkan nilai annular viskositas dari sampel lumpur drispac berkisar 316,323437 cp sampai dengan 553,758543 cp. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai sampel lumpur starch nilai konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran lebih kecil dibandingkan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi viskositas annular adalah plastik viskositas dan *yield point*, semakin besar nilai plastik viskositas dan *yield point* maka nilai viskositas annular semakin tinggi.

Dari nilai V_{ann} dan V_{crit} yang ditunjukkan pada tabel 4.29 dan tabel 4.30 pola aliran yang dihasilkan dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah pola aliran laminar. Pola aliran laminar terbentuk dikarenakan nilai V_{ann} yang rendah dibandingkan dengan nilai V_{crit} . Nilai plastik viskositas, *yield point*, dan densitas berpengaruh terhadap perhitungan V_{crit} sedangkan nilai laju alir pompa dan diameter annulus berpengaruh terhadap perhitungan V_{ann} .

Dari tabel 4.26 sampai tabel 4.28 selanjutnya akan dilakukan perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat dilihat pada tabel IV.28 dibawah ini

Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
Mud Motor	0,091420	0,026207	0,054190
Float Sub	0,091420	0,026207	0,054190
X/O Sub	0,091420	0,026207	0,054190
Stabilizer	0,059435	0,021131	0,043694
NMDC	0,059435	0,021131	0,043694
NMDC	0,055528	0,020425	0,042233
UP/UPU	0,055528	0,020425	0,042233

Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip Koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
NMDC	0,056418	0,020588	0,042570
Stabilizer	0,059435	0,021131	0,043694
DC	0,055528	0,020425	0,042233
X/O Sub	0,054667	0,020266	0,041904
HWDP	0,031517	0,015388	0,031818
Drilling Jar	0,039955	0,017325	0,035825
HWDP	0,031517	0,015388	0,031818
DP*(OH)	0,031517	0,015388	0,031818
DP*(CH)	0,031517	0,015388	0,031818

Hasil perhitungan $N_{re \text{ partikel}}$, V_{slip} , dan $V_{slip \text{ koreksi}}$ terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* drispac dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,064718	0,022293	0,045741
Float Sub	0,064718	0,022293	0,045741
X/O Sub	0,064718	0,022293	0,045741
Stabilizer	0,041150	0,017776	0,036473
NMDC	0,041150	0,017776	0,036473
NMDC	0,038310	0,017152	0,035192
UP/UPU	0,038310	0,017152	0,035192
NMDC	0,038956	0,017296	0,035488
Stabilizer	0,041150	0,017776	0,036473
DC	0,038310	0,017152	0,035192
X/O Sub	0,037685	0,017011	0,034904
HWDP	0,021118	0,012734	0,026129
Drilling Jar	0,027101	0,014426	0,029600
HWDP	0,021118	0,012734	0,026129
DP*(OH)	0,021118	0,012734	0,026129
DP*(CH)	0,021118	0,012734	0,026129

Pada tabel 4.30 dan tabel 4.31 menunjukkan bahwa nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch berkisar 0,031517 sampai dengan 0,091420 sedangkan nilai N_{re} partikel sampel lumpur drispac berkisar 0,021118 sampai dengan 0,064718. Nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai annular viskositas sampel lumpur starch lebih rendah dibandingkan sampel lumpur drispac. Annular viskositas, V_{slip} , densitas lumpur, dan diameter *cutting* merupakan faktor yang berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, diameter annulus, dan V_{ann} . Diameter annulus dan V_{ann} tidak berpengaruh karena kedua sampel menggunakan data yang sama. Nilai indeks kelakuan aliran dan konstanta *power law* kedua sampel lumpur berbeda karena nilai plastik viskositas dan *yield point* kedua sampel lumpur berbeda. Annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai N_{re} partikel sehingga semakin tinggi nilai annular viskositas akan menyebabkan nilai N_{re} partikel semakin rendah. Densitas lumpur, V_{slip} , dan diameter *cutting* berbanding lurus terhadap nilai N_{re} partikel.

Pada tabel 4.30 dan tabel 4.31 nilai V_{slip} sampel lumpur starch berkisar 0,015388 ft/s sampai dengan 0,026207 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac nilai V_{slip} berkisar 0,012734 ft/s sampai dengan 0,022293 ft/s. nilai V_{slip} lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan annular viskositas sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan dengan sampel lumpur drispac serta nilai densitas lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan annular viskositas. Diameter *cutting* dan densitas *cutting* tidak berpengaruh dalam perhitungan pada penelitian ini dikarenakan kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Nilai densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} sedangkan nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai V_{slip} . Meningkatnya nilai annular viskositas dapat mengurangi V_{slip} dikarenakan semakin kental lumpur di annulus dapat mengurangi kecepatan antara lumpur dan *cutting* didalam annulus sehingga nilai V_{slip} yang dihasilkan kecil. Pada trayek ini sumur berinklinsi kurang dari 45 derajat sehingga harus dilakukan pengkoreksian V_{slip} terhadap sudut inklinsi sumur tersebut. Nilai sampel lumpur

starch $V_{\text{slip koreksi}}$ berkisar 0,031818 ft/s sampai dengan 0,054190 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac $V_{\text{slip koreksi}}$ berkisar 0,026129 ft/s sampai dengan 0,045741 ft/s. Nilai $V_{\text{slip koreksi}}$ sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai densitas lumpur dan nilai V_{slip} sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan sampel lumpur drispac. Nilai V_{slip} dan densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$. Faktor lainnya peningkatan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$ adalah sudut inklinasi dan RPM namun pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan karena kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Sudut inklinasi dan RPM berbanding lurus dengan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$.

Dari hasil perhitungan V_{ann} dan $V_{\text{slip koreksi}}$, dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*), Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* seperti CTR (*Cutting Transport Ratio* pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.32 dibawah ini.

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	98,625171
Float Sub	98,625171
X/O Sub	98,625171
Stabilizer	98,480257
NMDC	98,480257
NMDC	98,458275
UP/UPU	98,458275
NMDC	98,463373
Stabilizer	98,480257
DC	98,458275
X/O Sub	98,453285
HWDP	98,312133
Drilling Jar	98,361718
HWDP	98,312133

Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200 °F (Lanjutan)

BHA	CTR, %
DP*(OH)	98,312133
DP*(CH)	98,312133

Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* CCI (*Cutting Carry Index*), CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan CCA (*Cutting Concentration in Annulus*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.34 dibawah ini.

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	98,839525
Float Sub	98,839525
X/O Sub	98,839525
Stabilizer	98,731391
NMDC	98,731391
NMDC	98,715298
UP/UPU	98,715298
NMDC	98,719021
Stabilizer	98,731391
DC	98,715298
X/O Sub	98,711661
HWDP	98,613941
Drilling Jar	98,646394
HWDP	98,613941
DP*(OH)	98,613941
DP*(CH)	98,613941

Pada perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4” dengan temperatur 200°F kedua sampel lumpur menggunakan sampel yang setelah di *treatment* tambahan dengan penambahan bahan aditif seperti bentonite, starch, drispac, dan barite. Pada tabel 4.32 sampai tabel IV.34 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur starch berkisar 98,312133 % sampai dengan 98,625171 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur drispac berkisar 98,613941 % sampai dengan 98,839525 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah V_{slip} koreksi yang bernilai kecil dan nilai V_{ann} . V_{slip} koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan V_{ann} . Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur drispac nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 0,89 dan sampel lumpur starch lebih kecil yaitu 0,74. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai *Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

4.4 Pengangkatan *Cutting* Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Pengangkatan *cutting* trayek 12-1/4” pada temperatur 250°F akan dilakukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yang terdiri dari CTR (*Cutting Transport Ratio*) Data yang dibutuhkan untuk perhitungan kmetode pengangkatan *cutting* lumpur starch tersebut dapat dilihat pada tabel 4.35

Tabel 4. 35 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5694/6630	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	39,26	derajat
Densitas Lumpur	10,7	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	35	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	25	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,66	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	0,96	fraksi
Kcci	490,846	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,266238	%
RPM	70	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	14,69	ft/hr
Laju Alir Pompa	815	gpm

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan ketiga metode pengangkatan *cutting* lumpur yang drispac tersebut dapat dilihat pada tabel 4.36 dibawah ini

Tabel 4. 36 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5694/6630	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	39,26	derajat
Densitas Lumpur	10,65	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	38	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	29	lbs/100 sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,65	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,18	fraksi
Kcci	601,143	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,266238	%
RPM	70	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	14,69	ft/hr
Laju Alir Pompa	815	gpm

Dari tabel 4.35 dan tabel 4.36 selanjutnya dilakukan perhitungan V_{ann} , V_{crit} , dan Annular Viskositas untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.37.

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,500	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
Float Sub	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
Stabilizer	8,25	4,058435	6,230697	378,942538	Laminar
NMDC Short	8,25	4,058435	6,230697	378,942538	Laminar
NM MWD Sub Stop	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
On Track MWD	11,75	27,732639	17,472126	98,384115	Turbulen
BCPM	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
MWD Sub Stop	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
X/O Sub	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
NMDC	8,00	3,866860	6,046180	393,119171	Laminar
DC	8,00	3,866860	6,046180	393,119171	Laminar
X/O Sub	7,94	3,822617	6,002570	396,593251	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
Drilling Jar	6,50	3,086763	5,204568	469,620596	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
DP*(OH)	5	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
DP*(CH)	5	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar

Hasil perhitungan V_{ann} , V_{crit} , annular viskositas dan jenis aliran dari sampel lumpur yang drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.38 dibawah ini.

Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,500	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
Float Sub	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
Stabilizer	8,25	4,058435	6,865944	459,861414	Laminar
NMDC Short	8,25	4,058435	6,865944	459,861414	Laminar
NM MWD Sub Stop	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
On Track MWD	11,75	27,732639	18,608465	112,523867	Turbulen
BCPM	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar

Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F (Lanjutan)

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
MWD Sub Stop	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
X/O Sub	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
NMDC	8,00	3,866860	6,669237	477,835851	Laminar
DC	8,00	3,866860	6,669237	477,835851	Laminar
X/O Sub	7,94	3,822617	6,622717	482,244995	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
Drilling Jar	6,50	3,086763	5,769405	575,300684	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
DP*(OH)	5	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
DP*(CH)*	5	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai V_{ann} dari sampel lumpur starch dan dari sampel lumpur drispac bernilai sama. Persamaan nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur dikarenakan laju alir pompa dan ukuran diameter annulus dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) yang digunakan pada penelitian ini adalah sama. Nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur berkisar 2,661003 ft/s sampai dengan 27,732639 ft/s. Laju alir pompa berbanding lurus dengan nilai V_{ann} sehingga semakin besar nilai laju alir pompa maka nilai V_{ann} semakin besar. Diameter annulus pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) berbanding terbalik dengan nilai V_{ann} sehingga semakin kecil diameter tersebut maka nilai V_{ann} semakin besar.

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai V_{crit} dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law*, indeks kelakuan aliran dan densitas lumpur berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai V_{crit} . Dari sampel lumpur yang starch nilai V_{crit} berkisar 4,639445 ft/s sampai dengan 17,472126 ft/s sedangkan dari sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 5,162524 ft/s sampai dengan 18,608465 ft/s. Nilai V_{crit} pada sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch dikarenakan nilai konstanta *power law* yang dihasilkan dari sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 1,18 sedangkan pada sampel lumpur starch sebesar 0,96. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi oleh plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran. Nilai plastik viskositas dan *yield point* berbanding lurus dengan nilai konstanta *power law* sedangkan indeks kelakuan aliran berbanding terbalik dengan nilai konstanta *power law* sehingga dengan meningkatnya nilai plastik viskositas dan *yield point* serta dengan menurunnya indeks kelakuan aliran maka nilai konstanta *power law* semakin besar dan sebaliknya. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari sampel lumpur starch nilai indeks kelakuan aliran lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac yaitu sebesar 0,66 dan sampel lumpur drispac nilai indeks kelakuan aliran sebesar 0,65. Pernyataan mengenai nilai plastik viskositas dan *yield point* terhadap nilai konstanta *power law* dapat dilihat bahwa nilai sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch yaitu pada plastik viskositas sebesar 38 cp dan *yield point* sebesar 29 lbs/100 sqft sedangkan sampel lumpur starch nilai yaitu pada plastik viskositas sebesar 35 cp dan *yield point* sebesar 25 lbs/100sqft.

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai annular viskositas dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran

berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai annular viscosity. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch berkisar 98,384115 cp sampai dengan 533,824780 cp sedangkan nilai annular viskositas dari sampel lumpur yang drispac berkisar 112,523867 cp sampai dengan 657,645524 cp. Peningkatan viskositas annular menunjukkan sampel lumpur tersebut viscous. Faktor yang mempengaruhi viskositas annular adalah plastik viskositas dan *yield point*, semakin besar nilai plastik viskositas dan *yield point* maka nilai viskositas annular semakin tinggi.

Dari nilai Vann dan Vcrit yang ditunjukkan pada 4.37 sampai tabel 4.39 pola aliran yang dihasilkan dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah pola aliran laminar namun pada BHA (*Bottom Hole Assembly*) on track MWD pola aliran turbulen. Pola aliran laminar terbentuk dikarenakan nilai Vann yang rendah dibandingkan dengan nilai Vcrit dan sebaliknya. Nilai plastik viskositas, *yield point*, dan densitas berpengaruh terhadap perhitungan Vcrit sedangkan nilai laju alir pompa dan diameter annulus berpengaruh terhadap perhitungan Vann.

Dari tabel 4.37 sampai tabel 4.39 selanjutnya akan dilakukan perhitungan Nre partikel, Vslip, dan Vslip koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur yang mengandung starch dapat dilihat pada tabel 4.40 dibawah ini

Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
Mud Motor	0,070316	0,021275	0,047113
Float Sub	0,070316	0,021275	0,047113
Stabilizer	0,044158	0,016859	0,037335
NMDC Short	0,044158	0,016859	0,037335
NM MWD Sub Stop	0,070316	0,021275	0,047113
On Track MWD	1,277624	0,064936	0,280454
BCPM	0,070316	0,021275	0,047113
MWD Sub Stop	0,070316	0,021275	0,047113
X/O Sub	0,070316	0,021275	0,047113
NMDC	0,041031	0,016251	0,035989
DC	0,041031	0,016251	0,035989
X/O Sub	0,040315	0,016109	0,035673
HWDP	0,022252	0,011968	0,026503
Drilling Jar	0,028752	0,013604	0,030126
HWDP	0,022252	0,011968	0,026503
DP*(OH)	0,022252	0,011968	0,026503
DP*(CH)	0,022252	0,011968	0,026503

Hasil perhitungan Nre partikel, Vslip, dan Vslip koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur drispac dapat dilihat pada tabel 4.41

Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,048820	0,017826	0,039332
Float Sub	0,048820	0,017826	0,039332
Stabilizer	0,030038	0,013983	0,030852
BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
NMDC Short	0,030038	0,013983	0,030852
NM MWD Sub Stop	0,048820	0,017826	0,039332
On Track MWD	1,120694	0,057145	0,281652
BCPM	0,048820	0,017826	0,039332
MWD Sub Stop	0,048820	0,017826	0,039332
X/O Sub	0,048820	0,017826	0,039332
NMDC	0,027821	0,013457	0,029691
DC	0,027821	0,013457	0,029691
X/O Sub	0,027315	0,013334	0,029420
HWDP	0,014687	0,009778	0,021573
Drilling Jar	0,019193	0,011177	0,024661
HWDP	0,014687	0,009778	0,021573
DP*(OH)	0,014687	0,009778	0,021573
DP*(CH)*	0,014687	0,009778	0,021573

Pada tabel 4.40 dan tabel 4.41 menunjukkan bahwa nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch berkisar 0,022252 sampai dengan 1,277624 sedangkan nilai N_{re} partikel sampel lumpur drispac berkisar 0,014687 sampai dengan 1,120694. Nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai annular viskositas sampel lumpur starch lebih rendah dibandingkan sampel lumpur drispac. Annular viskositas, V_{slip} , densitas lumpur, dan diameter *cutting* merupakan faktor yang berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, diameter annulus, dan V_{ann} . Diameter annulus dan V_{ann} tidak berpengaruh karena kedua sampel menggunakan data yang sama. Nilai indeks kelakuan aliran dan konstanta *power law* kedua sampel lumpur berbeda karena nilai plastik viskositas dan *yield point* kedua sampel lumpur berbeda. Annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai N_{re} partikel sehingga semakin tinggi nilai annular viskositas akan menyebabkan nilai N_{re} partikel semakin rendah. Densitas lumpur, V_{slip} , dan diameter *cutting* berbanding lurus terhadap nilai N_{re} partikel.

Pada tabel 4.40 dan tabel 4.41 nilai V_{slip} sampel lumpur starch berkisar 0,011968 ft/s sampai dengan 0,064936 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac nilai V_{slip} berkisar 0,009778 ft/s sampai dengan 0,057145 ft/s. nilai V_{slip} lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan annular viskositas sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan dengan sampel lumpur drispac serta nilai densitas lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan annular viskositas. Diameter *cutting* dan densitas *cutting* tidak berpengaruh dalam perhitungan pada penelitian ini dikarenakan kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Nilai densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} sedangkan nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai V_{slip} . Meningkatnya nilai annular viskositas dapat mengurangi V_{slip} dikarenakan semakin kental

lumpur di annulus dapat mengurangi kecepatan antara lumpur dan *cutting* didalam annulus sehingga nilai V_{slip} yang dihasilkan kecil.

Pada trayek ini sumur berinklinasi kurang dari 45 derajat sehingga harus dilakukan pengkoreksian V_{slip} terhadap sudut inklinasi sumur tersebut. Nilai sampel lumpur starch V_{slip} koreksi berkisar 0,026503 ft/s sampai dengan 0,280454 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac V_{slip} koreksi berkisar 0,021573 ft/s sampai dengan 0,281652 ft/s. Nilai V_{slip} koreksi sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai densitas lumpur dan nilai V_{slip} sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan sampel lumpur drispac. Nilai V_{slip} dan densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} koreksi. Faktor lainnya peningkatan nilai V_{slip} koreksi adalah sudut inklinasi dan RPM namun pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan karena kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Sudut inklinasi dan RPM berbanding lurus dengan nilai V_{slip} koreksi.

Dari hasil perhitungan V_{ann} dan V_{slip} koreksi, dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 250°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.42 dibawah ini.

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 250 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	99,153243
Float Sub	99,153243
Stabilizer	99,080061
NMDC Short	99,080061
NM MWD Sub Stop	99,153243
On Track MWD	98,988721
BCPM	99,153243
MWD Sub Stop	99,153243
X/O Sub	99,153243
NMDC	99,069303
DC	99,069303
X/O Sub	99,066778
HWDP	99,004028
Drilling Jar	99,024021
HWDP	99,004028
DP*(OH)	99,004028
DP*(CH)	99,004028

Hasil perhitungan (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 250°F dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.43 dibawah ini.

Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	99,293090
Float Sub	99,293090
Stabilizer	99,239805
NMDC Short	99,239805
NM MWD Sub Stop	99,293090
BHA	CTR, %
On Track MWD	98,984404
BCPM	99,293090
MWD Sub Stop	99,293090
X/O Sub	99,293090
NMDC	99,232155
DC	99,232155
X/O Sub	99,230370
HWDP	99,189275
Drilling Jar	99,201063
HWDP	99,189275
DP*(OH)	99,189275
DP*(CH)	99,189275

Pada perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4” dengan temperatur 250°F kedua sampel lumpur menggunakan sampel yang setelah di *treatment* tambahan dengan penambahan bahan aditif seperti bentonite, starch, drispac, dan barite. Pada tabel IV.38 dan tabel IV.39 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur starch berkisar 98,988721 % sampai dengan 99,153243 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur drispac berkisar 98,984404 % sampai dengan 99,293090 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah V_{slip} koreksi yang bernilai kecil dan nilai $V_{ann} \cdot V_{slip}$ koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan V_{ann} . Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur drispac nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 1,18 dan sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* starch lebih kecil yaitu 0,96. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab 5 akan dijelaskan mengenai kesimpulan serta dari penelitian Analisa Cutting Transport Pada lumpur Natural Polymer Pada Temperatur Rendah

1. Berdasarkan pengukuran densitas, pada temperatur 150°F densitas sampel lumpur starch sebesar 9,1 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 9 ppg sehingga tidak diperlukan penambahan bahan dikarenakan sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 200°F densitas sampel lumpur starch sebesar 8,9 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 8,85 ppg sehingga diperlukan penambahan bahan 60gram barite pada masing-masing sampel lumpur dikarenakan tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 250°F densitas sampel lumpur starch sebesar 8,7 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 8,65 ppg sehingga diperlukan penambahan 120gram barite pada masing-masing sampel lumpur dikarenakan tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Hasil penambahan barite pada masing-masing lumpur meningkatkan densitas sebesar 9,9 ppg sampai dengan 10,7 ppg.
2. Pada hasil pengukuran viskositas, nilai viskositas sampel lumpur starch pada temperatur 150°F sebesar 18,11 sec/quartz dan nilai viskositas sampel lumpur drispac sebesar 19,03 sec/quartz sehingga sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch nilai viskositas sebesar 15,27 sec/quartz dan sampel lumpur drispac nilai viskositas sebesar 17,08 sec/quartz sehingga tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur maka ditambahkan 12gram bentonite dan 15gram starch pada sampel lumpur starch dan ditambahkan 8gram bentonite dan 1gram drispac pada sampel lumpur drispac. Pada temperatur 250°F sampel lumpur starch nilai viskositas sebesar 11,07 sec/quartz dan sampel lumpur drispac nilai viskositas sebesar 15,39 sec/quartz sehingga tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur maka ditambahkan 18gram bentonite dan 20gram starch pada sampel lumpur natural polymer starch dan ditambahkan 8gram bentonite dan 1,5gram drispac pada sampel lumpur natural polymer drispac. Penambahan bentonite, starch, dan drispac meningkatkan viskositas sebesar 32,27 sec/quartz sampai dengan 39,22 sec/quartz.
3. Nilai plastik viskositas pada temperatur 150°F dari sampel lumpur starch sebesar 16 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 18 cp. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch sebesar 11 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 15 cp. Pada temperatur 250°F sampel lumpur starch sebesar 6 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 11 cp. Plastik viskositas meningkat dengan tambahan bahan bentonite, starch, dan drispac menjadi 33 cp sampai dengan 38 cp.
4. Pada pengukuran yield point pada temperatur 150°F dari sampel lumpur starch sebesar 19 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 20 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch sebesar 13 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 17 lbs/100sqft. Pada temperatur 250 °F sampel lumpur starch sebesar 9 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 13 lbs/100sqft. Yield point meningkat dengan tambahan bahan bentonite, starch, dan drispac menjadi 21 lbs/100sqft sampai dengan 29 lbs/100sqft.
5. Nilai gel strength dan filtration loss dari kedua sampel lumpur sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur namun pada nilai gels strength 10 detik dari sampel lumpur natural polymer starch pada temperatur 250 oF tidak memenuhi standar spesifikasi lumpur. Nilai gels strength 10 detik dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 3 lbs/100sqft sampai dengan 7 lbs/100sqft. Nilai gels strength 10 menit dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 10 lbs/100sqft sampai dengan 13 lbs/100sqft. Nilai filtration loss dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 6,2 ml sampai dengan 9,6 ml.
6. Berdasarkan uji sampel kedua lumpur terhadap proses pengangkatan cutting pada metode CTR (Cutting Transport Ratio) pada temperatur 150°F dari sampel lumpur natural polymer starch berkisar 99,141459 % sampai dengan 99,332673 % sedangkan sampel lumpur natural polymer drispac berkisar

99,109950 % sampai dengan 99,315005 %, pada temperatur 200oF dari sampel lumpur starch berkisar 98,312133 % sampai dengan 98,625171 % sedangkan sampel lumpur natural polymer drispac berkisar 98,613941 % sampai dengan 98,839525 %.

7. Penggunaan natural polymer starch dan natural polymer drispac pada lumpur KCL Polymer sudah mampu mengangkat cutting keatas permukaan dengan optimal, dengan dibuktikan nilai nilai CTR (Cutting Transport Ratio) lebih dari 90%.

Saran

Akan dilakukan test pengangkatan cutting dengan menggunakan (CCI) Cutting Carry Index dan CCA (Cutting Concentration in Annulus) pada penelitian selanjutnya. Dari dua metode tersebut akan diuji proses pengangkatan cutting pada proses di permukaan dan pula di bagian konsentrasi di annulus.

DAFTAR PUSTAKA

Mulai isi Daftar Pustaka di sini menggunakan system APA (nama belakang, tahun)..... Pustaka 10 tahun terakhir, minimal 15 pustaka primer, dilengkapi DOI-bila ada, dihimbau melakukan sitasi pada paper yang telah dipublikasikan pada www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id). Sitasi dari karya ilmiah yang ditulis oleh penulis usakti dimaksudkan untuk meningkatkan webometric, pemeringkatan kinerja penelitian, akreditasi prodi/AIPT...

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN <Ridha Husla ST.,MT>



PETA JALAN PENELITIAN <APRIANDI RIZKINA RANGGA WASTU ST.,MT>



ANALISA KARAKTERISTIK BATUAN RESERVOIR FORMASI NGRAYONG

Menganalisa sifat fisik dan kimia air injeksi pada lapangan wonocolo

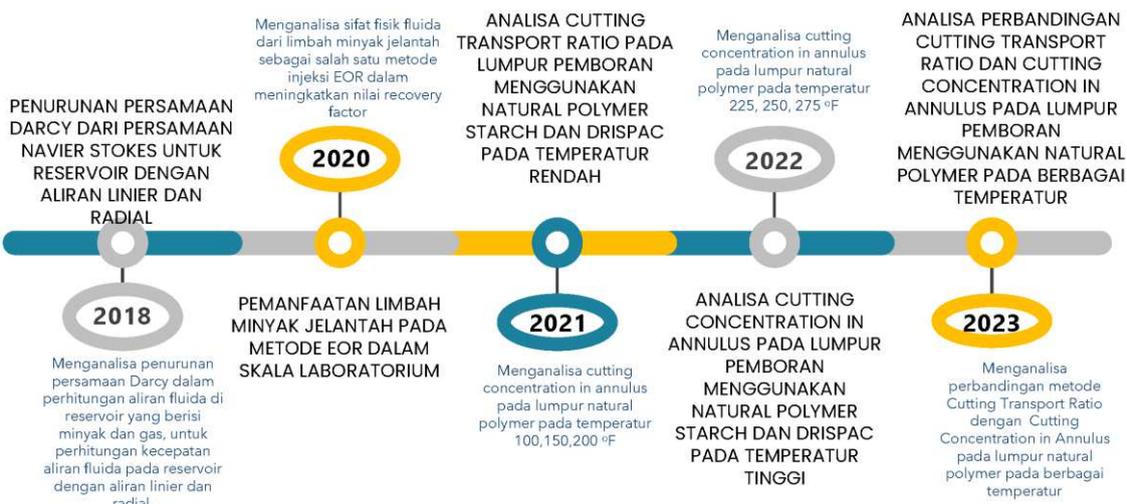
PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN LUMPUR PEMBORAN BERBAHAN DASAR MINYAK YANG RAMAH LINGKUNGAN

Menganalisa cutting concentration in annulus pada lumpur natural polymer pada temperatur 100,150,200 °F

ANALISA CUTTING TRANSPORT RATIO PADA LUMPUR PEMBORAN MENGGUNAKAN NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC PADA TEMPERATUR TINGGI



PETA JALAN PENELITIAN <GHANIMA YASMANIAR 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 : ANALISA DENSITAS LUMPUR NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC TERHADAP PROSES PENGANGKATAN CUTTING

No. Pendaftaran : EC00202210505

Tanggal Pendaftaran : 2022-02-11

No. Pencatatan : 000325818

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Gabriella Estevania Angwen
2. Emelia Sari, ST, MT, PhD
3. DR.IR. IVELINE ANNE MARIE, MT
4. Dr. Ir. TRIWULANDARI SD,MM
5. FEBRIANA LESTARI
6. Adriel Yehezkiel

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Analisa Plastik Viskositas Lumpur Polymer Starch Dan Drispac Terhadap Proses Pengangkatan Cutting Dengan Metode Cutting Transport Ratio

No. Pendaftaran : EC00202225506

Tanggal Pendaftaran : 2022-04-16

No. Pencatatan : 000340988

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T
2. RIDHA HUSLA ST MT
3. Ghanima Yasmaniar, ST., MT.
4. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.
5. Anggi Mayasari, S.T
6. Mario Dio Valentino

LUARAN 3 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Internasional Bereputasi

Nama Jurnal : ASEAN ENGINEERING JOURNAL

ISSN :

EISSN : 2586-9159

Lembaga Pengindek : Universiti Teknologi Malaysia

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

Judul Artikel : ANALYSIS OF MUD DENSITY BY USING CUTTING CAPACITY ANNULUS METHOD

Penulis (Tim Peneliti) :

1. RIDHA HUSLA ST MT (First Author)
2. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (Other Author)
3. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)
4. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Ir. Onnie Ridaliani MT (Other Author)
2. Samsol ST., MT (Other Author)

LUARAN 4 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Accepted

Jenis Publikasi Jurnal : Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : JURNAL PETRO

ISSN : 1907-0438

EISSN : 2614-7297

Lembaga Pengindek : Universiti Trisakti

Url Jurnal : <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/petro>

Judul Artikel : Analisa Densitas Lumpur Starch dan Drispac Terhadap Proses Pengangkatan Cutting Dengan Menggunakan Metode Cutting Transport Ratio

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (First Author)
2. RIDHA HUSLA ST MT (Other Author)
3. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (Other Author)
4. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)
5. Mario Dio Valentino (Other Author)

LUARAN 5 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : Engineering International Commitee

Lembaga Penyelenggara : Universitas Negeri Semarang

Tempat Penyelenggaraan : Online

Tanggal Penyelenggaraan : 22/09/2022 - 22/09/2022

Lembaga Pengindek : Universitas Negeri Semarang

Url Website Conference : <http://eic.ft.unnes.ac.id/>

Judul Artikel : Rheology Analysis of Starch and Drispac Mud on Cutting Lifting Process Using Cutting Transport Ratio Method

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (First Author)
2. Mario Dio Valentino (Other Author)
3. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (Other Author)
4. RIDHA HUSLA ST MT (Other Author)
5. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Arinda Ristawati ST.MT (Other Author)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR GAMBAR	6
RINGKASAN PENELITIAN	7
BAB 1. PENDAHULUAN	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Pengertian Pemboran	10
2.2 Fungsi Lumpur Pemboran	10
2.2.1 Mengangkat sebuk bor	10
2.2.2 Mendinginkan dan melumasi bit dan rangkaian pipa bor	11
2.2.3 Mengontrol tekanan formasi	11
2.2.4 Mencegah runtuhnya dinding lubang bor	11
2.2.5 Menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan	11
2.2.6 Menunjang berat dari rangkaian pipa bor	11
2.2.7 Menghantarkan daya hidrolika lumpur ke pahat	11
2.2.8 Memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal	12
2.2.9 Membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung	12
2.2.10 Media evaluasi formasi	12
2.3 Jenis-jenis Fluida Pemboran	12
2.3.1 Fluida <i>Newtonian</i>	12
2.3.2 Fluida <i>Non-Newtonian</i>	13
2.4 Pengaruh Sifat Fisik Lumpur Pemboran Terhadap Hidrolika	15
2.4.1 Mud Weight	15
2.4.2 Viskositas	16
2.4.3 Rheology Lumpur Pemboran	16
2.4.3.1 <i>Plastic Viscosity</i>	16
2.4.4 <i>Gel Strength</i> (Daya Agar)	17
2.4.5 <i>Fluid Loss</i> (Laju Tapisan)	18
2.4.6 pH (Derajat Keasaman)	19
2.5 Lumpur Berbasis Air	19

2.6 Drispac	19
2.7 Starch	20
2.8 Pengertian Pengangkatan Serbuk Bor	20
2.9 Pola aliran Lumpur	23
2.9.1 Pola aliran Turbulen	23
2.9.2 Pola aliran Laminer	24
2.10 Bilangan Reynold	24
2.11 Kehilangan Tekanan di Annulus	25
2.12 Equivalent Circulating Density	26
2.13 Sirkulasi <i>Hole Cleaning</i>	27
2.14 Cutting Transport Ratio	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pengamatan Laboratorium	32
4.1.1 Densitas Lumpur	33
4.1.2 Viskositas Lumpur	34
4.1.3 Plastik Viskositas	36
4.1.4 Yield Point	39
4.1.5 Gel Strength	41
4.1.6 Filtration Loss	44
4.2 Pengangkatan <i>Cutting Trayek 17-1/2"</i> Pada Temperatur 150°F	46
4.3 Pengangkatan <i>Cutting Trayek 12-1/4"</i> Pada Temperatur 200°F	52
4.4 Pengangkatan <i>Cutting Trayek 12-1/4"</i> Pada Temperatur 250°F	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	70
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Komposisi Lumpur Starch	31
Tabel 4. 2 Komposisi Lumpur Drispac	32
Tabel 4. 3 Spesifikasi Lumpur yang Digunakan.....	32
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu	33
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite	34
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Suhu	35
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	36
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu.....	37
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	38
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Terhadap Berbagai Suhu.....	39
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Setelah Penambahan Bahan	40
Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> Terhadap Berbagai Suhu	41
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> Setelah Penambahan Bahan.....	42
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Terhadap Temperatur	44
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Setelah Penambahan Bahan.....	45
Tabel 4. 16 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F.....	47
Tabel 4. 17 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F.....	47
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F	48
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150°F.....	48
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	49
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	50
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan <i>Cutting</i> Sample Lumpur KCl Polymer (Starch) Pada Trayek 17-1/2 ” Pada Temperatur 150 °F.....	51
Tabel 4. 23 Hasil Perhitunagan <i>Cutting</i> Sample Lumpur KCl Polymer (Drispac) Pada Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F.....	51
Tabel 4. 24 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	52
Tabel 4. 25 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	53
Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	53
Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	53
Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	54
Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	56
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip Koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F	56
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	57
Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	58
Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCL	58
Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	59
Tabel 4. 35 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCL Polymer.....	60
Tabel 4. 36 Data Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Lumpur KCl Polymer	60

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	61
Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	61
Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis	62
Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	63
Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel	64
Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	65
Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Pengangkatan <i>Cutting</i> Sampel Lumpur KCl.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan shear stress dengan shear rate pada fluida newtonian	13
Gambar 2. 2 Hubungan shear stress dengan shear rate pada fluida non-newtonian.....	14
Gambar 2. 3 Alat ukur Fann Vg Meter	18
Gambar 2. 4 Proses Pengangkatan Cutting di Annulus	21
Gambar 2. 5 Eksentrisitas pipa pemboran	21
Gambar 2. 6 Pengangkatan cutting oleh lumpur pemboran.....	23
Gambar 2. 7 Pola Aliran Turbulent.....	24
Gambar 2. 8 Pola Aliran Laminar	24
Gambar 2. 9 Momen Pembentukan Nilai ECD	27
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu	33
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite	34
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Berbagai Suhu	35
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	36
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu	37
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan.....	38
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Terhadap Temperatur	39
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengukuran <i>Yield point</i> Setelah Penambahan Bahan.....	40
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu	41
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu	42
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Detik Setelah Penambahan Bahan	43
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengukuran <i>Gels Strength</i> 10 Menit Setelah Penambahan Bahan.....	44
Gambar 4. 13 Grafik Perubahan <i>Filtration Loss</i> Terhadap Temperatur.....	45
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengukuran <i>Filtration Loss</i> Setelah Penambahan Bahan	46

RINGKASAN PENELITIAN

Parameter yang penting dalam lumpur pemboran adalah memiliki nilai sifat fisik lumpur pemboran yang baik. Sifat fisik yang berpengaruh pada saat terjadinya pengangkatan cutting adalah densitas, viskositas dan rheology lumpur pemboran. Untuk rheology pemboran terbagi menjadi dua bagian yaitu rheology pada keadaan statis dan dinamis. Pada kondisi statis yaitu gel strength dan pada kondisi dinamis yaitu plastik viskositas dan yield point. Sehingga diperlukan bahan aditif yang dapat menjaga nilai sifat fisik lumpur tersebut dalam kondisi baik pada proses pengangkatan cutting. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut yang dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting, faktor apa saja yang dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran, pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density yang dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan, mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas dan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio). Metode pengangkatan cutting yang digunakan pada kedua sample tersebut adalah metode CTR (Cutting Transportasion Ratio). Penelitian ini merupakan penelitian awal yang akan berlanjut sampai tahun 2025 dengan menggunakan polymer, metode serta temperatur yang berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya. Kesimpulan sementara dari penelitian ini adalah penggunaan natural polymer starch dan natural polymer drispac pada lumpur KCL Polymer sudah mampu mengangkat cutting keatas permukaan dengan optimal, dengan dibuktikan nilai nilai CTR (Cutting Transport Ratio) lebih dari 90%. Rencana tindak lanjutnya adalah akan dilakukan uji coba dengan menggunakan jenis polymer lain, metode serta temperatur yang berbeda. Luaran yang telah dihasilkan adalah HAKI berupa modul penelitian serta poster dari penelitian ini.

Kata Kunci :

Drispac, Starch, CTR, Pemboran, Lumpur Pemboran

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lumpur pemboran merupakan salah satu yang memiliki peranan penting pada proses pemboran minyak dan gas. Salah satu fungsi utama lumpur pemboran adalah mengangkat cutting (serbuk bor) dari lubang bor sampai permukaan. Lumpur pemboran harus memiliki kemampuan pengangkatan cutting dari dasar lubang hingga menuju kepermukaan dengan baik sehingga pemboran tidak akan menjadi permasalahan, apabila pada proses pengangkatan cutting tersebut tidak optimal akan menyebabkan pengendapan didasar sumur bor sehingga dapat terjadi permasalahan seperti stuck pipe dll nya. Parameter yang penting dalam lumpur pemboran adalah memiliki nilai sifat fisik lumpur pemboran yang baik. Sifat fisik yang berpengaruh pada saat terjadinya pengangkatan cutting adalah densitas, viskositas dan rheology lumpur pemboran. Untuk rheology pemboran terbagi menjadi dua bagian yaitu rheology pada keadaan statis dan dinamis. Pada kondisi statis yaitu gel strength dan pada kondisi dinamis yaitu plastik viskositas dan yield point. Sehingga diperlukan bahan aditif yang dapat menjaga nilai sifat fisik lumpur tersebut dalam kondisi baik pada proses pengangkatan cutting.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dua jenis polymer alam yang memiliki fungsi untuk membantu proses hole cleaning pada proses pemboran. Dua jenis polymer tersebut adalah polymer selulosa yaitu drispac dan polymer polisakarida yaitu starch. Dua jenis polymer ini memiliki fungsi sebagai viscosifier yang dapat mengontrol sifat fisik rheology pada lumpur pemboran tersebut. Dua sample lumpur tersebut akan diuji sifat fisik lumpur dengan pengaruh perubahan temperatur sehingga pada kedua sample lumpur pemboran tersebut dapat mempersentasikan keadaan pada lumpur di lubang sumur pemboran. Setelah itu akan diuji pada skala lapangan dengan menggunakan metode cutting transport ratio untuk mengetahui seberapa besar rasio yang didapatkan pada kedua jenis lumpur polymer tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan, penulis merumuskan beberapa masalah sebagai berikut

1. Apakah penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting?
2. Bagaimana perubahan densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
3. Bagaimana perubahan viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
4. Bagaimana perubahan rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur?
5. Faktor apa saja yang yang mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran?
6. Apakah arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan?
7. Apakah pressure loss di annulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilan pengangkatan cutting?
8. Bagaimana tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?
9. Bagaimana tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah maka didapatkan tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sampel lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting.
2. Mengetahui perubahan densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
3. Mengetahui perubahan viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
4. Mengetahui perubahan rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
5. Mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi proses pengangkatan cutting ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran.
6. Mengetahui pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan.
7. Mengetahui pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilan pengangkatan cutting?
8. Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?
9. Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (Cutting Transportation Ratio) ?

1.4. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini akan dibatasi permasalahan pada analisis perbandingan pada lumpur polymer drispac dan starch terhadap pengangkatan cutting. Metode pengangkatan cutting yang digunakan pada kedua sample tersebut adalah CTR (Cutting Transportation Ratio).

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 polymer, metode serta temperatur yang berbeda antara tahun satu dengan yang lainnya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini akan membahas tentang landasan teori yang berhubungan dan mendukung penelitian ini, landasan teori yang akan dibahas berdasarkan dari sumber penelitian-penelitian terdahulu. Lumpur bor adalah salah satu elemen paling penting dalam operasi pemboran apapun. Lumpur memiliki nilai fungsi yang harus seluruhnya teroptimalisasi untuk memastikan pemboran dapat berjalan dengan baik dan efisien. Kegagalan dari lumpur pemboran dapat mengganggu seluruh operasi pemboran yang nantinya akan membuat harga operasi pemboran menjadi meningkat dan bisa pula menyebabkan permasalahan lainnya seperti *stuck pipe*, *bit balling*, *lost circulation*, *kick* dan, *blow out*.

2.1 Pengertian Pemboran

Operasi pemboran merupakan faktor terpenting dari beberapa faktor lainnya dalam dunia *oil and gas*, karena merupakan salah satu pembuktian tentang keberadaan minyak dan gas bumi yang berada di bawah permukaan bumi. Adapun tujuan dari operasi pemboran ini adalah mengebor sampai daerah yang diinginkan, mengevaluasi lubang bor dan, menyelesaikan lubang bor yang akan menghasilkan minyak dan atau gas bumi secara optimal dan aman.

Agar tercapainya hasil operasi pemboran yang optimal dibutuhkan juga faktor pendukung yaitu, salah satunya lumpur fluida yang berfungsi sebagai media dari pahat bor itu sendiri dan juga sebagai media pengangkatan hasil serpih serbuk bor. Penggunaan lumpur bor yang optimal sangat mempengaruhi laju kelancaran dari operasi pemboran itu sendiri dimana faktor-faktor yang di perhatikan mulai dari karakteristik batuan itu sendiri, jenis

2.2 Fungsi Lumpur Pemboran

Lumpur pemboran digunakan pada saat pengeoperasian pemboran sehingga pengoperasian dapat berjalan secara lancar. Hal ini tentunya merupakan fungsi dari lumpur pemboran itu sendiri yaitu; mengangkat serbuk bor, mendinginkan serta melumasi bit dan rangkaian bor, menjaga dan mengimbangi tekanan formasi, membentuk *mud cake* sebagai pencegahan runtuhnya dinding lubang bor, menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan, menunjang berat dari *drillstring*, penghantar daya hidrolika lumpur ke pahat, memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal, membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung, sebagai media evaluasi formasi (*logging*).

2.2.1 Mengangkat serbuk bor

Lumpur pemboran mempunyai banyak fungsi salah satu fungsi utamanya adalah mengangkat *cutting* dari dasar lubang bor melalui annulus sampai ke atas permukaan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses pengangkatan ini, diantaranya adalah kecepatan fluida di annulus (*annulus velocity*). Untuk kecepatan laju alir ini paling mudah diatur dengan mengatur *flowrate* lumpur, yang berhubungan dengan debit pompa. Dimana *flowrate* lumpur dengan debit pompa berbanding lurus, dimana semakin besar debit pompa semakin besar juga laju *flowrate* lumpur. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan antara kekentalan, *flowrate* dan juga debit pompa sehingga dapat mengangkat *cutting* secara maksimal. Serbuk bor yang tidak terangkat dan mengendap akan mengganggu operasi pemboran dan akan menyebabkan beberapa masalah pemboran seperti, pengerusan serbuk bor berulang kali oleh mata bor (*regrinding*), tersangkutnya serpihan serbuk bor pada sela-sela mata bor (*bit balling*), menyebabkan pipa terjepit (*stuck pipe*) yang memicu terjadinya semburan liar dan juga hidrolika pahat yang tidak optimum menjadi salah satu penyebab turunnya laju penembusan (*Rate of Penetration*).

2.2.2 Mendinginkan dan melumasi bit dan rangkaian pipa bor

Pada saat operasi pemboran dimana mata bor menggerus dasar lubang bor maka secara tidak langsung akan menimbulkan panas di sekitar permukaan yang bergesekan. Maka dari itu perlu adanya sirkulasi secara kontinu oleh lumpur sehingga dapat meminimalisir panas yang disebabkan oleh gesekan itu. Kemampuan mendinginkan dan melumasi pahat dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat-zat *lubrikasi* (pelicin) seperti: minyak, *asphalt*, *grapite*, dan zat surfaktan khusus.

2.2.3 Mengontrol tekanan formasi

Pada kondisi normal (*gradient*) tekanan fluida formasi sebesar 0,465 psi/ft kedalaman. Berat dari kolom lumpur yang terdiri dari fasa air dan partikel-partikel pada lainnya cukup memadai untuk mengimbangi tekanan formasi. Tetapi jika menjumpai daerah yang memiliki tekanan abnormal (lebih dari 0,465 psi/ft) maka di butuhkan materi jenis tinggi sekitar 4,2 SG untuk menaikkan hidrostatis dari kolom lumpur agar dapat mengimbangi tekanan formasi (Course, 1995).

2.2.4 Mencegah runtuhnya dinding lubang bor

Di dalam lumpur pemboran selain mud filtrat itu sendiri atau fasa cair lumpur terdapat beberapa partikel-partikel lainnya seperti, *weighting agent*, *Filtration control* dan, *polymer*. Partikel-partikel ini yang nantinya akan membuat *mud cake* atau lapisan zat tipis di atas permukaan dinding formasi yang zonanya *permiable* (air dapat masuk). Pembentukan *mud cake* ini akan menyebabkan tertahannya aliran fluida masuk ke formasi untuk selanjutnya. Pembentukan *mud cake* ini juga sebagai lapisan pelapis sehingga memperkuat dari dinding formasi yang *unconsolidated* atau mudah runtuh. Tetapi lumpur bor yang membentuk *mud cake* dengan kualitas kurang baik dan terlalu tebal akan menyebabkan masalah seperti *stuck pipe* atau terjepitnya rangkaian pemboran oleh *mud cake* (Richardson, 1986).

2.2.5 Menahan serpih bor pada saat sirkulasi di hentikan

Saat operasi pemboran sering terjadi *stop circulation* yang di sebabkan banyak hal mulai dari menambah *drill pipe*, mengganti lumpur, penutupan *Blow Out Preventer* (BOP), dan masih banyak lagi. Ketika tidak terjadi sirkulasi maka kondisi akan menjadi statis dimana jika tidak ada gaya *Gel Strength* maka cutting yang tadinya sudah terbawa sampai mau ke permukaan dapat jatuh kembali ke dasar lubang bor. Nilai *Gel Strength* ini lah yang mempunyai kaitan dengan daya agar dimana kemampuan fluida lumpur untuk menahan *cutting* pada saat tidak ada sirkulasi. Daya agar adalah suatu sifat fluida *thixotropis* yang mempunyai fungsi sebagai pengental atau mengagar jika didiamkan dan kembali mencair jika diaduk. Nilai daya agar ini harus di perhitungkan kembali sehingga pada saat ingin memulai sirkulasi kembali tidak membutuhkan tenaga torsi yang berlebihan (Rabia, 2002).

2.2.6 Menunjang berat dari rangkaian pipa bor

Dengan bertambahnya kedalaman maka berat rangkaian yang harus ditahan oleh alat permukaan menjadi semakin besar, karena semua rangkaian mengalami daya pengapungan (*buoyed*) di dalam lumpur. Gaya apung yang sama dengan berat lumpur yang dipindahkan, sesuai dengan prinsip Archimedes maka akan menjadi jelas sekali gaya apung ini akan banyak mengurangi beban yang ditahan oleh alat-alat di permukaan. Hal ini karena lumpur pemboran akan menyangga berat rangkaian seberat volume fluida yang dipindahkan. *Buoyancy effect* ini akan bertambah besar dengan bertambah besarnya berat jenis lumpur. Di dalam mendesain rangkaian bor, faktor apung dari lumpur selalu diperhitungkan untuk mengetahui letak dari titik netral dari rangkaian pipa di dalam operasi pengeboran (Rabia, 2002).

2.2.7 Menghantarkan daya hirolika lumpur ke pahat

Mata bor yang dipakai harus di bersihkan dan dipakai sesuai dengan masa pemakaian nya, lamanya pemakaian *bit* tergantung dengan spesifikasi mata bor itu sendiri. Pemakaian yang seusiai ini

berpengaruh pada efisiensi penggerusan mata bor pada lapisan formasi. Salah satu fungsi lumpur bor adalah sebagai media penghantar daya hidrolika dari permukaan ke dasar lubang. Daya hidrolika lumpur harus ditentukan di dalam membuat program pengeboran sehingga laju sirkulasi lumpur dan tekanan permukaan dapat dihitung sehingga daya hidrolika yang di timbulkan optimal. Nilai ini berkaitan erat dengan *Bit Hydraulic Horse Power*, viskositas, serta densitas dari lumpur itu sendiri (Rabia, 2002).

2.2.8 Memastikan pembersihan dasar lubang bor di lakukan secara optimal

Pada proses sirkulasi, lumpur membawa cutting dari dasar lubang sumur menuju ke permukaan. Hal ini bertujuan agar sumur selalu dalam keadaan bersih. Cutting seringkali terjatuh kembali karena adanya pengaruh gravitasi, tetapi dapat di atasi oleh adanya sirkulasi dan kekentalan lumpur. Pada pengangkatan *cutting* ke permukaan tergantung pengangkatan fluida di annulus dan kapasitas untuk menahan fluida yang merupakan fungsi dari: densitas, aliran (laminar atau turbulen), dan juga viskositas. Umumnya kecepatan 100 - 120 fpm telah cukup. Untuk mencegah terjadinya sirkulasi berulang dari serbuk bor, dapat dihindari dengan cara membuang *cutting* dari lumpur pada saat di permukaan. Adapun beberapa alat penunjang yaitu: *shale shaker*, *desander*, *desilter*, *centrifuge*. Bak pengendapan (*settling pit*) juga dapat memisahkan serbuk bor dari lumpur, terutama jika kekentalan dan gel strength dari lumpur itu rendah (Rabia, 2002).

2.2.9 Membatasi korosi terhadap pipa bor dan selubung.

Korosi merupakan proses elektrokimia, yang meyebabkan kerusakan atau degradasi logam. Proses elektrokimia adalah proses terjadinya reduksi oksidasi secara spontan. Sifat korosi dalam lumpur pemboran, biasanya disebabkan karena adanya pencemaran CO₂, H₂S, O₂ dan bakteri – bakteri (dalam keadaan diam) terhadap lumpur. Gas yang terlarut di dalam lumpur misalkan CO₂ dan H₂S akan besar sekali menaikkan laju korosi. Untuk mengurangi terlarutnya gas-gas tersebut pH dari lumpur dijaga antara 9,5 – 11, pH lumpur harus di jaga selalu pada keadaan basa karena jika keadaan asam akan dapat mempercepat proses korosi itu sendiri dan membuat serpihan bor menjadi hancur tidak berbentuk sehingga nantinya akan sulit untuk dilakukan analisa hasil *core logging*. Adapun juga bantuan jenis additif-additif yang ditambahkan ke dalam lumpur untuk menghambat laju korosi, misalnya zat pengikat oksigen (*oxygen scavenger*) atau zat penghambat kerak (*scale inhibitor*), pembentuk lapisan tipis (*film forming agents*) (Gould, 1959).

2.2.10 Media evaluasi formasi

Dalam operasi minyak dan gas bumi dilakukan juga pembacaan nilai formasi atau biasa di kenal dengan *logging*. Pada operasi pemboran nilai dari sifat fisik lumpur biasanya akan terganti-ganti karena di pengaruhi faktor batuan formasi maupun ketahanan dari lumpur itu sendiri. Pada operasi *logging* berlangsung lumpur pemboran mempunyai peran paling penting yaitu sebagai media perekaman atau penembakan dari alat logging tersebut.

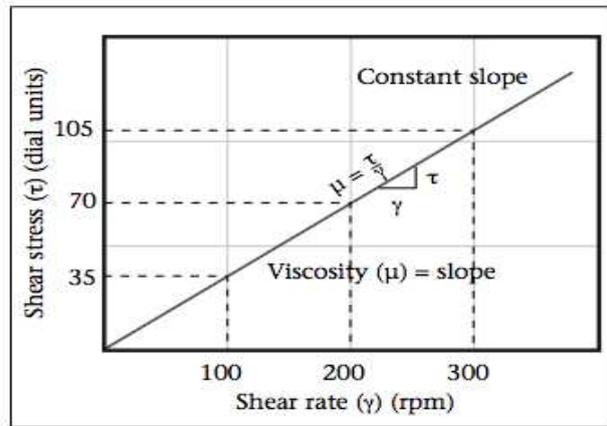
2.3 Jenis-jenis Fluida Pemboran

Sifat fisik lumpur pemboran terbagi menjadi sifat aliran dan jenis fluida pemboran. Sifat aliran sendiri terdiri dua aliran yaitu, aliran laminar dan turbulen sedangkan jenis fluida pemboran mencakup atas fluida *Newtonian* dan *non-Newtonian*.

2.3.1 Fluida *Newtonian*

Jenis fluida *Newtonian* memiliki nilai viskositas konstan dengan tekanan dan temperatur yang konstan. Dalam hal ini, fluida *newtonian* memiliki hubungan yang linear atau perbandingan antara *shear stress* dan *shear rate* adalah konstan. Grafik antara *shear stress* dan *shear rate* pada fluida *newtonian* ditunjukkan pada gambar II.1. Contoh dari fluida *newtonian* ini sendiri terdapat pada *fresh water*, *brine*, *glycerine*, dan *diesel*.

Sifat fluida *newtonian* ini bersifat konstan, dimana tidak adanya perubahan gaya yang bekerja pada fluida sehingga fluidanya akan terus mengalir meskipun tidak ada gaya yang bekerja. Sebagai contoh untuk *shear stress* yang dilipat gandakan maka *shear rate* juga akan berlipat ganda, atau saat *shear rate* dilipat gandakan maka tekanan yang diperlukan untuk memompa fluida pemboran juga akan berlipat ganda (Course, 1995).



Gambar 2. 1 Hubungan *shear stress* dengan *shear rate* pada fluida *newtonian*

Persamaan yang digunakan untuk menghubungkan besar *shear stress* pada tiap *shear rate* tertentu adalah sebagai berikut,

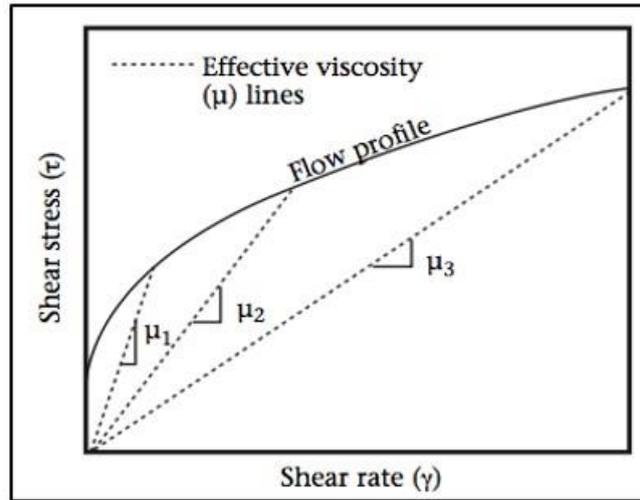
$$\tau = \mu \times \gamma \tag{II.1}$$

dimana,

- τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$
- μ : viskositas fluida, cp
- γ : *shear rate*, sec^{-1}

2.3.2 Fluida *Non-Newtonian*

Fluida non-Newtonian adalah kebalikan dari fluida *Newtonian* dimana fluida yang mempunyai viskositas tidak konstan dan tidak bersifat adanya perbandingan tetap antara *shear stress* dan *shear rate*. Grafik antara *shear stress* dan *shear rate* pada fluida *non-newtonian* ditunjukkan pada gambar II.2. Fluida pemboran pada umumnya bersifat *non-newtonian*. Partikel koloid (*clay*) yang terdapat pada fluida pemboran cenderung meningkatkan *shear stress* atau gaya yang diperlukan untuk mempertahankan laju aliran tertentu. Hal ini disebabkan karena adanya tarikan listrik antara partikel dan secara fisik menabrak dan berorientasi secara acak sehingga menampilkan interferensi partikel yang tinggi satu sama lain. Pada saat *shear rate* meningkat, partikel akan cenderung mengembangkan orientasi yang teratur dan interaksi ini akan berkurang. Contoh cairan *non-newtonian* mencakup; fluida pengeboran pada umumnya dan slurry semen (Course, 1995).



Gambar 2. 2 Hubungan *shear stress* dengan *shear rate* pada fluida non-newtonian

Perlu diperhatikan bahwa kelakuan fluida pemboran di *downhole* tidak dapat dipastikan dan sifat-sifat fluida yang diukur di permukaan diasumsikan mempunyai nilai yang berbeda pada kondisi *bottom hole*. Beberapa model perhitungan kehilangan tekanan yang sudah ada menghasilkan nilai yang berbeda-beda pada kondisi yang sama. Dua model yang biasa digunakan adalah *Bingham Plastic* dan *Power Law*:

a. *Bingham plastic*

Salah satu model *rheology* lama yang saat ini digunakan adalah *Bingham plastic*. Lumpur pemboran termasuk *Bingham plastic* apabila mempunyai padatan yang cukup rendah. Persamaan *shear stress* fluida untuk *Bingham plastic* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut

$$\tau = YP + (PV) \times \gamma \tag{II.2}$$

dimana,

- τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$
- YP : *yield point*, $lb/100ft^2$
- PV : *plastic viscosity*, cp
- γ : *shear rate*, sec^{-1}

b. *Power Law*

Power law merupakan model penyempurnaan dari *Bingham plastic* dengan *shear rate* yang rendah. Lumpur pemboran termasuk *power law* apabila mempunyai padatan yang tinggi. Hubungan secara matematis antara *shear stress* dan *shear rate* pada model *power law* dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = K \times \gamma^n \tag{II.3}$$

dimana:

τ : *shear stress*, $lb/100ft^2$

n : *flow behavior index*

k : *consistency factor*, cp

γ : *shear rate*, sec^{-1}

2.4 Pengaruh Sifat Fisik Lumpur Pemboran Terhadap Hidrolika

Pada operasi pemboran berlangsung beberapa sifat lumpur pemboran akan mempengaruhi aspek hidrolika salah satunya mempengaruhi kelancaran sirkulasi lumpur pemboran. Karena dengan sifat-sifat lumpur yang stabil dan cocok untuk formasi, maka operasi pemboran akan dapat berjalan lancar. Kedua hal ini dapat diperoleh apabila sifat dari lumpur pemboran selalu dilakukan *monitoring* dan *maintaince* secara berkala. Lumpur yang optimal merupakan salah satu kunci agar pemboran dapat sesuai dengan *drilling schedule* yang sudah ditetapkan. Sifat-sifat lumpur yang berkaitan dengan hidrolika antara lain: *density* (berat jenis), *viskositas*, *plastic viscosity (PV)*, *yield point*, dan *gel strength*, *water loss* (laju tapisan), dan pH lumpur pemboran (Course, 1995).

2.4.1 Mud Weight

Berat jenis lumpur atau *densitas* lumpur merupakan salah satu sifat fisik lumpur yang paling penting karena perannya sebagai pengontrol tekanan formasi untuk mencegahnya terjadi semburan liar. Berat jenis ini perlu dijaga karena dengan nilai *density* yang terlalu besar akan menyebabkan lumpur hilang ke formasi (*lost circulation*), sedangkan *density* yang terlalu kecil akan menyebabkan terjadinya semburan liar (*kick*). Untuk menjaga keamanan pada saat pengoperasian berlangsung maka berat jenis yang dipakai harus sesuai dengan keadaan formasi yang akan dibor. Perhitungan untuk menghitung berat jenis adalah sebagai berikut :

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{air}} \quad (II.4)$$

$$MW = SG \times 8.33 \quad (II.5)$$

Dimana:

SG = Specific Gravity

ρ = Densitas Lumpur, gr/cc

ρ_{air} = Densitas air, gr/cc

Mw = *Mud Weight*, ppg

Di lapangan pengukuran *density mud* dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *mud balance*. Tekanan hidrostatik lumpur di dasar lubang akan mempengaruhi kemampuan dari pada formasi di bawahnya yang akan dibor.

Untuk penambahan berat lumpur bisa menggunakan material pemberat seperti barite, galena, dan lain-lain. Namun penambahan material ini harus disesuaikan dengan tekanan formasi sehingga tidak terjadi rekahnya formasi pada saat operasi pemboran. Maka dari itu jika nilai densitas terlalu besar dapat ditambahkan air maupun cairan kimia seperti *thinner*.

2.4.2 Viskositas

Viscosity atau disebut dengan kekentalan lumpur merupakan besaran yang menunjukkan tahanan atau hambatan dari suatu fluida yang mengalir. Nilai viskositas ini mempengaruhi dari pergerakan fluida itu sendiri, dimana semakin rendah nilai viskositas maka semakin cepat juga pergerakan dari fluida tersebut. Peranan viskositas berkaitan erat dengan proses serbuk bor, dimana nilai viskositas disini harus di perhitungkan karena jika nilainya terlalu rendah maka cutting tidak terangkat. Sedangkan jika nilai viskositas berlebih akan membuat laju penetrasi menjadi berkurang. Pengukuran viskositas salah satunya dapat menggunakan alat Marsh Funnel. Viskositas merupakan jumlah detik yang dibutuhkan lumpur sebanyak 0,946 L (1 *Quart*) untuk mengalir keluar dari corong Marsh Funnel. Pada lumpur yang berbasis air biasanya untuk menambahkan nilai viskositas dapat dimasukan bentonite dan untuk menurunkan nilai viskositas dimasukan lignosulfonate. Tingginya nilai viskositas ini akan menyebabkan beberapa masalah seperti: (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. *Penetration rate* menurun karena viskositas yang tinggi memiliki kohesi partikel yang kuat sehingga menghalangi efektifitas penembusan oleh drill bit.
2. Sulitnya lumpur melepaskan gas terlarut, cutting dan pasir dalam sirkulasi dipermukaan.
3. Beban pompa bertambah dengan bertambahnya luas kontak dengan partikel sehingga efek friksi dan resistansi lumpur menjadi sangat besar.

2.4.3 Rheology Lumpur Pemboran

Rheologi adalah studi tentang aliran dan deformasi bahan. Deformasi dan aliran masing-masing disebut sebagai regangan atau laju regangan, dan menunjukkan jarak di mana suatu benda bergerak di bawah pengaruh gaya eksternal (kekuatan tarik-menarik dan torsi) atau *stress* (tekanan). Maka rheology dapat diartikan sebagai studi yang mempelajari hubungan dan regangan dalam komposisi lumpur bor (Allawi et al., 2019).

Pengukuran rheology ini dapat dilakukan dengan rheometer, prinsip kerja alat ini adalah dengan melukan torsi (putaran) sehingga menimbulkan gaya tarik-menarik di lingkungan sekitarnya. Dari alat ini dapat memperoleh beberapa parameter diantaranya:

2.4.3.1 *Plastic Viscosity*

Pengertian *Plastic Viscosity* merupakan tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan antara sesama benda padat di dalam lubang bor, padatan cairan dan gesekan antara lapisan cairan dan merupakan hasil torsi dari pembacaan alat *Fann VG Meter* dengan satuan *centipoise* (cp). Cara untuk mendapatkan nilai dari *plastic viscosity* dengan cara *dial reading* 600 rpm dikurangi *dial reading* 300 rpm. Atau dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (\text{II.6})$$

Dimana:

- PV = Plastic Viscosity,
- θ_{600} = Dial Reading pada saat 600 putaran.
- θ_{300} = Dial Reading pada saat 300 putaran.

Naiknya nilai plastic viscosity menunjukkan kenaikan gesekan padatan yang disebabkan oleh naiknya konsentrasi padatan didalam lumpur yang disebabkan *solid control equipment* tidak berfungsi dengan baik (Amin, 2013).

2.4.3.2 Yield Point

Yield Point adalah bagian dari resistensi untuk mengalir oleh gaya tarik menarik antar partikel. Gaya tarik-menarik ini disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang di dispersi dalam fasa fluida. Dengan satuan lbs/100 ft² penentuan harga *yield point* tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$YP = \theta_{300} - PV \quad (\text{II.7})$$

Dimana:

YP = *Yield Point*.

PV = *Plastic Viscosity*.

θ_{300} = *Dial Reading* pada saat 300 putaran.

Apabila harga *yield point* terlalu besar, maka akan mengakibatkan daya pompa pada saat awal pemompaan dan *pressure loss* menjadi besar. *Yield point* ini berhubungan dengan viskositas lumpur pemboran. Harga *yield point* yang besar dapat diturunkan dengan menurunkan gaya elektrokimia antara partikel dengan penambahan zat-zat penetral muatan partikel aktif (Course, 1995).

2.4.3.3 Apparent Viscosity

Apparent Viscosity merupakan keadaan dimana fluida Non Newtonian pada *shear rate* tertentu seolah-olah memiliki viskositas seperti pada fluida Newtonian, dimana *apparent viscosity* merupakan hasil dari kecepatan pada *dial reading* 600 rpm di bagi dua, dengan satuan *centipoise* (cp). Atau dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$AV = \theta_{600} : 2 \quad (\text{II.8})$$

Dimana:

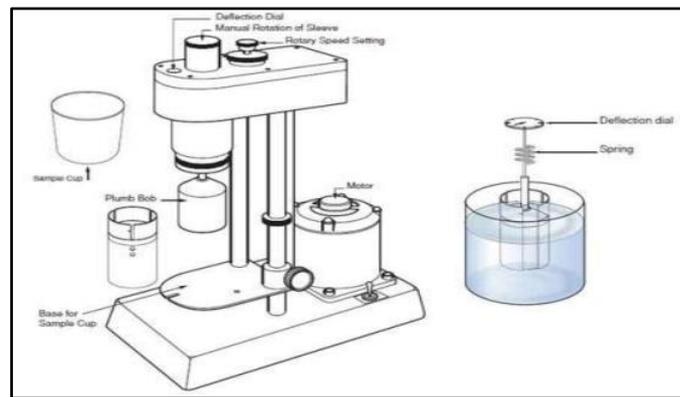
AV = *Average Velocity*.

θ_{600} = *Dial Reading* pada saat 600 putaran.

2.4.4 Gel Strength (Daya Agar)

Pada saat sirkulasi lumpur dihentikan (*statis*), maka gaya gravitasi secara langsung akan membuat *cutting* yang sudah terbawa kembali jatuh ke dasar lubang pemboran. Agar menghindari terjadinya permasalahan pada operasi pemboran maka diberikan lah nilai daya agar ini dimana pada saat kondisi diam (tidak ada aliran yang terjadi) maka lumpur agakan menjadi gel. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik-menarik antara partikel-partikel padatan lumpur, gaya menjadi agar inilah yang disebut *gel strength*. Lumpur pemboran harus memiliki *gel strength* yang baik agar dapat menahan *cutting* dan material pemberat lumpur pada saat sirkulasi lumpur dihentikan.

Jika lumpur pemboran tidak memiliki kandungan *gel strength* yang baik, akan mengakibatkan terjadinya penumpukan serbuk pemboran. Akan tetapi jika kandungan *gel strength* terlalu tinggi akan mengakibatkan kerja pompa terlalu berat untuk memulai sirkulasi kembali. Sehingga daya torsi pada pompa yang dibutuhkan harus semakin besar. Walaupun pompa memiliki daya yang kuat, pompa tidak boleh memompakan lumpur dengan daya yang besar juga karena akan merusak formasi. Harga *gel strength* dalam 100 lb/ft² diperoleh secara langsung dari pengukuran dengan alat, *Fann Vg Meter*. Simpangan skala penunjuk akibat digerakannya rotor pada kecepatan 3 rpm, langsung menunjukkan harga *gel strength* 10 detik atau 10 menit dalam 100 lb/ft² (Zakhrifady, 2018).



Gambar 2. 3 Alat ukur *Fann Vg Meter* (Wastu et al., 2019)

Komponen-komponen pembentuk lumpur yang dapat menyebabkan gel strength antara lain: *clay*, *shale* dan, *bentonite* yang sudah memiliki gaya tarik menarik partikel antar platnya. Adapun fungsi *gel strength* dalam lumpur pemboran adalah untuk menahan *cutting* dan material *solid* dalam suspensi serta melepaskannya dipermukaannya, sehingga *gel strength* merupakan faktor penting dalam mekanisme pengangkatan *cutting*. Masalah-masalah yang sering dihadapi, antara lain adalah:

1. Kecenderungan lumpur pemboran untuk *loss circulation*.
2. Terganggunya pompa untuk memulai sirkulasi dikarenakan akan membutuhkan tenaga yang besar.
3. *Filtration Loss*, merupakan fasa cair lumpur yang masuk ke formasi permeable yang diukur dengan peralatan *standard filter press* yang menggunakan hasil pada kondisi statik (sirkulasi dihentikan).

Nilai *gel strength* perlu di sesuaikan dengan nilai tekanan dan temperatur dari keadaan formasi. Nilai ini juga harus disesuaikan dengan besar *cutting* dari bit, karena jika nilai daya agar tidak dapat menahan *cutting* tersebut maka akan membuat *stuck pipe*. *Gel strength* atau daya agar akan di buat semedikian rupa agar pada saat keadaan statis lumpur mengental menahan *cutting* agar tidak jatuh ke dasar lubang bor, tetapi pada saat ada putaran drill pipe lumpur menjadi cair kembali.

2.4.5 *Fluid Loss* (Laju Tapisan)

Pada lumpur pemboran terdiri menjadi dua bagian yaitu menjadi *filtration* (lumpur yang berfasa cairan) dan juga padatan-padatan yang terdapat pada lumpur. Pada dinding lubang bor khususnya pada saat keadaan *open hole* terdapat pori-pori batuan yang dapat menyebabkan lumpur bisa masuk ke dalam pori-pori batuan, yang nantinya akan membuat lapisan yang disebut sebagai *mud cake*. Pengertian dari *fluid loss* itu sendiri adalah jumlah cairan yang masuk ke dalam batuan yang di pengaruhi faktor tekanan, temperatur, dan lumpur itu sendiri.

Tujuan utama dari laju tapisan ini sendiri adalah untuk membuat mudcake yang tipis dan kuat, sehingga dinding bor permukaannya menjadi halus sehingga memudahkan proses penyemenan berlangsung. Namun banyaknya *fluid loss* ini ke dalam formasi akan membuat *formation damage* juga. *Formation damage* yang di maksud antara lain: *caving*, formasi menjadi lunak dan gampang runtuh, *water blocking*. Hal-hal ini tentunya akan membuat nilai produktivitas menurun dan *drilling cost* menjadi naik. Untuk itu perlu mengatur dan membatasi laju tapisan yang masuk ke formasi pemboran (Zakhrifady, 2018).

2.4.6 pH (Derajat Keasaman)

Pada lumpur bor biasanya pH yang dipakai adalah bersifat basa dimana nilainya berkisar antara 9-12. Nilai lumpur ini harus di jaga sedemikian rupa sehingga nilainya tetap basa, jika lumpur yang digunakan dalam suasana asam maka serbuk bor yang keluar dari lubang bor akan halus dan hancur, sehingga tidak dapat ditentukan batuan apa yang ditembus oleh mata bor. Selain itu peralatan yang dilalui oleh lumpur saat sedang sirkulasi maupun tidak, akan mudah berkarat sehingga membuat *living tools* menjadi semakin berjangka pendek. Jika lumpur bor memiliki pH diatas 12 juga tidak baik, karena dapat menaikkan kekentalan dan gel strength dari lumpur(Zakhrifady, 2018).

2.5 Lumpur Berbasis Air

Komposisi lumpur pemboran ini terdiri dari air tawar atau air asin, *clay*, dan *chemical additives*. Komposisi ini ditentukan oleh kondisi lubang bor dan biasanya *water based mud* digunakan pada pemboran *low pressure low temperature*. *Water based mud* merupakan tipe lumpur yang paling umum digunakan karena nilai keekonomisannya, selain mudah pembuatannya, mudah penggunaannya, mudah pembentukan *mudcake*, dan sifatnya yang *ecofriendly* dibandingkan lumpur *Oil based mud*. Lumpur berbahan dasar air ini memiliki dua komponen penyusun (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. Fasa cair atau merupakan fasa kontinyu, dimana fasa cair ini adalah air tawar yang mengandung garam kurang dari 1% berat garam.
2. Fasa padatan *inert*, terdiri dari setiap padatan yang tidak bereaksi secara kimia ataupun fisika dalam lumpur pemboran, seperti *barite* dan pasir. Fasa *inert* ini lah yang nantinya sebagai pembentuk *mud cake*.
3. Fasa reactive solid, merupakan fasa lumpur / padatan yang akan bereaksi dengan air dan membentuk koloid, contohnya bentonite
4. Fasa kimia merupakan fasa pada lumpur yang dapat mengontrol sifat-sifat fisik pada lumpur pemboran Contoh untuk menurunkan viskositas pada lumpur dapat menggunakan lignosulfonate, lignite, sedangkan untuk menaikkan viskositas pada lumpur dapat menggunakan CMC, Starch, Drispac, XCD Polymer dll.

Lumpur berbasis air ini sering di temukan pada pengeboran *on-shore* atau yang terdapat di atas permukaan tanah. Sedangkan lumpur berbasis minyak biasa di jumpai pada pengeboran *offshore* atau di atas permukaan air(Satyawira, 2019). Hal ini dikarenakan karakteristik lumpur berbasis minyak yang sifatnya stabil terhadap *temperature* dan juga tekanan tinggi, maka dari itu cocok untuk digunakan pada pemboran di laut lepas.

2.6 Drispac

Drispac berstruktur sama dengan CMC, tetapi mempunyai derajat substitusi (D.S) yang lebih tinggi, karena drispac mempunyai ketahanan yang lebih tinggi terhadap kesadahaan. Dibandingkan dengan CMC, Drispac juga mempunyai derajat polimerisasi yang lebih tinggi, sehingga efek pengentalannya lebih besar dari pada CMC. Drispac mempunyai kemampuan pengental yang tinggi didalam air asin dan drispac dikenal dengan kemampuannya mencegah pengembangan shale dengan melapisi dinding lubang ampas yang impermeable disamping itu drispac meningkatkan viskositas filtrat, sehingga mobilitasnya didalam zone formasi turun.

Pemakaian drispac sedikit sekali (0,5 – 2,0 ppb) sehingga banyak sekali menurunkan kadar padatan lumpur (mengurangi pemakaian bentonite), kemampuan drispac untuk membungkus partikel

serpih serbuk bor (*shale encapsulation*) menyebabkan dapat dicegah desintegrasi serbuk bor dan diperolehnya daya pembersihan lubang yang tinggi.

2.7 Starch

Merupakan cadangan karbohidrat didalam tumbuhan, umumnya terdiri dari struktur amylose dan apilopektin (terdiri dari rantai panjang glucose). Starch yang dipakai industri pemboran, diperoleh dari jagung, kentang biasanya dipeptisasi atau dipregelatinasikan (dimatangkan) sampai temperature 140 – 180 °F. Starch bersifat tidak meng-ion, larut didalam cairan elektrolit tinggi. Pemakaian utama starch adalah untuk pengontrol tapan didalam air asin (*sea water, saturated salt system*) juga berfungsi sebagai pengental dalam air asin.

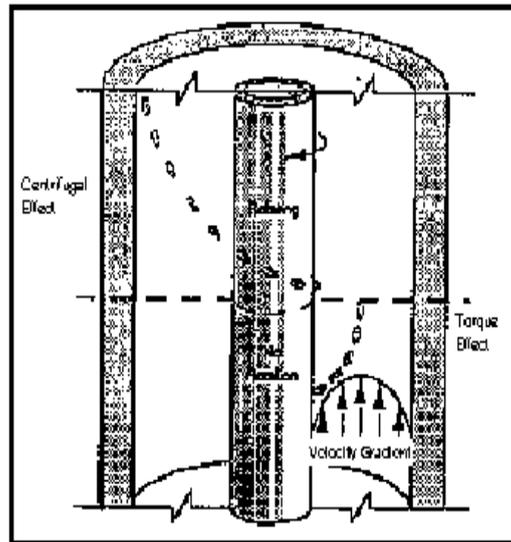
Kelemahan dari starch adalah tidak tahan panas (maksimum 250 °F) dan mudah rusak oleh bakteri, (kecuali jika pH lumpur mempunyai 12). Keuntungan starch antara lain harganya murah dan tidak menimbulkan efek samping pengencer (*thinning*) seperti pada CMC.

2.8 Pengertian Pengangkatan Serbuk Bor

Pada operasi pemboran berlangsung, mata bor yang dipakai akan menggerus batuan formasi dan menghasilkan *cutting*, seiring berjalannya operasi pemboran penambahan *cutting* maka akan semakin bertambah juga. Agar serbuk bor tidak menumpuk di bawah lubang dan tidak menimbulkan permasalahan pada laju pemboran maka *cutting* tersebut perlu diangkat ke permukaan dengan baik. Dimana pengangkatan *cutting* di pengaruhi juga pada aliran dari lumpur itu sendiri dan juga nilai SG sehingga *cutting* yang sudah terangkat tidak akan terjadi *slip* atau peristiwa jatuhnya serbuk bor ke dasar lubang bor. Jadi lumpur yang masuk ke dalam sumur yang di aliri dari pipa bor, akan keluar melalui nozzle dan naik ke atas melalui Annulus. Berikut merupakan gambar proses pengangkatan *cutting* di annulus dapat dilihat pada gambar 2.4. *Cutting* dapat terangkat karena adanya bantuan lumpur pemboran yang mengalir secara *laminer*, dimana arah aliran lumpur beraturan dengan naik semua sehingga *cutting* dapat sampai ke atas permukaan (Walangitan et al., 2020).

Pada gambar di bawah menjelaskan mekanisme pengangkatan serbuk bor di lubang annulus, dimana terdapat media pengangkatan yang biasa di sebut lumpur bor. *Cutting* yang tidak dapat terangkat dengan baik akan mengendap kembali ke dasar sumur dan mengakibatkan beberapa masalah dalam pemboran, diantaranya (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012):

1. Penggerusan serbuk bor berulang kali oleh pahat (*regrinding*).
2. Tersangkutnya serbuk bor pada sela-sela gigi pahat (*bit balling*).
3. Menyebabkan pipa terjepit (*stuck pipe*) yang memicu terjadinya semburan liar dan juga hidrolika pahat yang tidak optimum menjadi salah satu penyebab turunya laju penembusan (ROP).

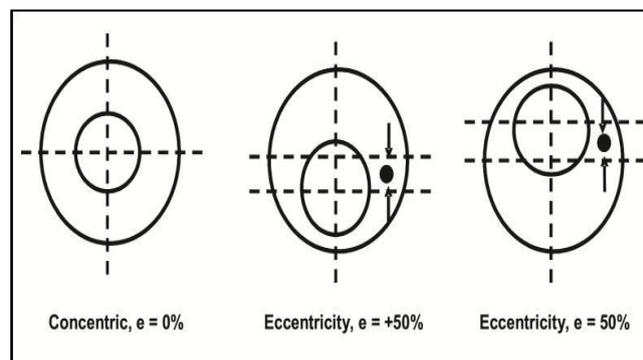


Gambar 2. 4 Proses Pengangkatan *Cutting* di *Annulus* (Zakhrifady, 2018)

Beberapa faktor yang mempengaruhi pengangkatan *cutting* ke permukaan diantaranya: (Pilehvari et al., 1999):

1. Kecepatan fluida di annulus sebagai fungsi dari luas area annulus dan *rate* pemompaan yang diberikan.
2. Kapasitas untuk menahan fluida yang merupakan fungsi dari rheologi lumpur pemboran seperti; densitas lumpur, jenis aliran (laminar atau turbulen), viskositas, dst.
3. Laju penembusan yang dilakukan *drill bit* (*rate of penetration*)
4. Kecepatan pemiutaran pipa pemboran (RPM)

Eksentrisitas *drill pipe* yang merupakan posisi relatif pipa pemboran terhadap lubang pemboran, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 5 Eksentrisitas pipa pemboran

Pada gambar diatas menunjukkan eksentrisitas dari drill pipe, yaitu posisi relatif pipa pemboran terhadap lubang pemboran. Dimana posisi eksentrisitas ini akan mempengaruhi pengangkatan serbuk bor ke permukaan. Jika ukuran rata-rata partikel *cutting* besar dan nilai dari eksentrisitas relatif besar dapat membuat terjadinya *stuck pipe* pada operasi pemboran (*Transport of Drilled Cuttings*, 2012).

Untuk proses mekanisme pengangkatan *cutting* di bagi menjadi beberapa bagian yang saling berhubungan, seperti gambar 2.5 diantaranya adalah:

- 1) V_{slip} (kecepatan slip) yaitu kecepatan kritik dimana *cutting* mulai akan terangkat ke permukaan.

$$V_{slip} = V_{min} - V_{cut} \quad (II.9)$$

Dalam penentuan v_{slip} terdapat 2 rumus yaitu sesuai dengan aliran pada lumpur tersebut yaitu V_{slip} pada jenis aliran laminar:

$$V_{slip (Laminar)} = 82,87 \times \frac{D_{cut}^2}{\mu_{annular}} \times (\rho - MW) \quad (II.10)$$

V_{slip} pada jenis aliran turbulen rumusnya adalah sebagai berikut:

$$V_{slip (Turbulen)} = 92,6 \times \frac{\{(\rho - MW)^{D_{cut}}\}^{0,5}}{MW} \quad (II.11)$$

Keterangan variable:

D_{cut} : Diameter *Cutting*, inch.

$\mu_{annular}$: Annular Viscosity, cp.

P : *Cutting Density*, ppg

MW : *Mud Weight*, ppg.

Jika terdapat sudut inklinasi pada pemboran tersebut lebih besar 45 derajat atau lebih kecil 45 derajat terdapat pengkoreksian pada nilai V_{slip} tersebut : rumus tersebut berdasarkan Rudi Rubiandini dan Shindu.

Apabila nilai sudut inklinasi lebih besar dari 45 derajat maka V_{slip} koreksi:

$$V_{slip (Koreksi)} = \frac{V_{slip} \times (600 - RPM) \times (3 + MW)}{3000} \quad (II.12)$$

Apabila nilai sudut inklinasi lebih kecil dari 45 derajat

$$V_{slip (Koreksi)} = \frac{V_{slip} \times (45 + 2\theta) \times (600 - RPM) \times (3 + MW)}{405.000} \quad (II.13)$$

Keterangan variable:

RPM : *Rotation per Minute*,

θ : Sudut inklinasi, (°)

- 2) V_{cut} (kecepatan *cutting*): yaitu kecepatan kritik *cutting* mulai terendapkan.
- 3) V_{min} (kecepatan minimum): yaitu kecepatan slip ditambah dengan kecepatan *cutting* sehingga *cutting* dapat terangkat ke permukaan tanpa terjadi penggerusan kembali.

Untuk penentuan pada v_{min} dimasukan rumusnya persamaan untuk mencari V_{min} adalah sebagai berikut:

$$V_{min} = \frac{ROP}{36 \times \left\{ 1 - \left(\frac{OD}{HoleSize} \right)^2 \right\} \times C_{conc}} + V_{slip \text{ Koreksi}} \quad (II.14)$$

Dimana nilai C_{conc} diperoleh dari persamaan

$$C_{conc} = 0,01778 \times ROP + 0,505 \quad (II.15)$$

Keterangan variable:

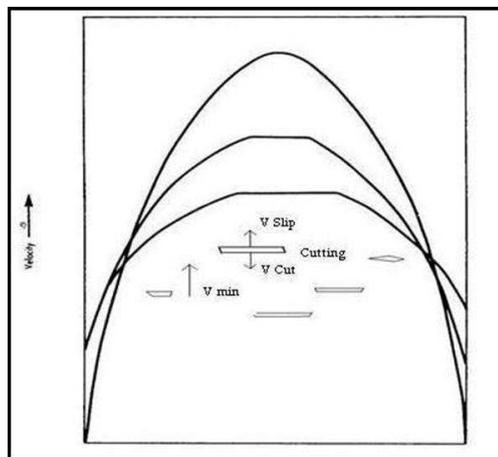
V_{min} : Kecepatan Lumpur, ft/s

OD : *Outside Diameter, inch*

$V_{slip \text{ koreksi}}$: Kecepatan Slip, ft/s

C_{conc} : *Cutting Concentration, %*

ROP : *Rate of Penetration, ft*



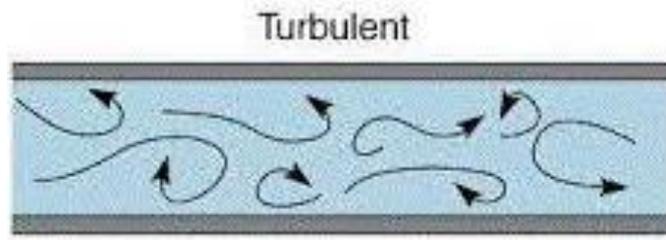
Gambar 2. 6 Pengangkatan *cutting* oleh lumpur pemboran.

2.9 Pola aliran Lumpur

Pada saat lumpur bor di sirkulasi secara tidak langsung terbagi menjadi dua dimana ada pola aliran *laminar* dan pola aliran *turbulen*, pola aliran ini tentunya akan mempengaruhi kinerja dari lumpur tersebut (Course, 1995).

2.9.1 Pola aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Peningkatan kecepatan tersebut membuat *shear strength* melebihi kemampuan dari suatu lumpur untuk tetap berada pada aliran *laminar*. Fluida pada aliran turbulen memiliki shear dan partikel-partikel yang bergerak secara tidak teratur sehingga terdapat aliran yang berputar. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 3000.



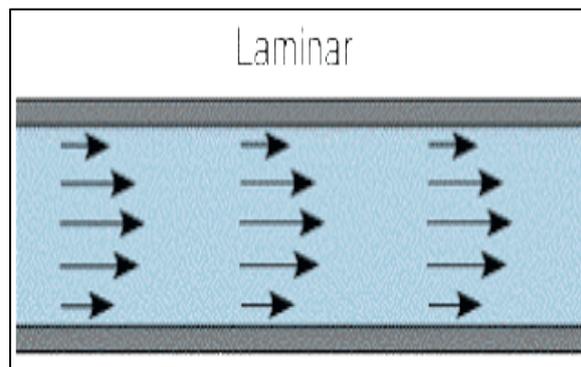
Gambar 2. 7 Pola Aliran *Turbulent*

Pola aliran ini erat kaitannya dengan pengaturan debit pompa dan *flowrate* pada lumpur. Aliran turbulen ditunjukkan seperti gambar 2.7. Aliran turbulen ini sangat dihindarkan di dalam annulus karena berpotensi untuk menggerus dinding lubang bor dan membuat runtuhnya dinding lubang bor. Pola aliran ini biasanya di jumpai pada mata pemboran sehingga jika terdapat serbuk bor yang menempel di mata bor di harapkan dapat terlepas karena pola aliran ini (Course, 1995).

2.9.2 Pola aliran Laminer

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain (sejajar). Aliran laminar terjadi ketika aliran individu melewati dan bergeser melewati satu sama lain dari fluida paralel dengan pencampuran minimum.

Pola aliran ini biasanya di pakai di annulus lubang bor karena sifatnya alirannya yang searah membuat *cutting* dapat terangkat secara maksimal, dan tidak menyebabkan erosi di sekitar dinding lubang bor, serta hilang tekanan alirannya yang relatif kecil. Aliran ini mempunyai bilangan *Reynold* lebih kecil dari 2300 (Course, 1995). Pola aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yaitu *flowrate* dari aliran lumpur dan juga luas area annulus. Dimana semakin besar luas area annulus maka besar kemungkinan pola aliran yang terjadi adalah laminar. Maka dari itu sering di temukan pola aliran dari annulus *drill collar* sampai annulus *drill pipe* permukaan.



Gambar 2. 8 Pola Aliran *Laminar*

2.10 Bilangan Reynold

Berdasarkan dua pola aliran lumpur pemboran yaitu laminar dan turbulen, yang mana aliran laminar pergerakan partikel-partikel aliran fluida secara teratur dan gerakannya sejajar dengan aliran

sepanjang sisi dinding formasi. Sedangkan pada aliran turbulen, fluida mempunyai kecepatan alir yang tidak sama dan tidak beraturan sehingga membuat arah aliran arus menyebar dan aling bertabrakan

Untuk menentukan pola aliran maka digunakan Bilangan Reynold (N_{re}) dari percobaan fluida *Osborne Reynold*, diketahui $N_{re} > 3000$ adalah pola aliran turbulen dan $N_{re} < 2300$ adalah pola aliran transisi (Walangitan et al., 2020).

Untuk menentukan aliran tersebut turbulen atau laminer digunakan *Reynold Number* :

$$N_{re \text{ partikel}} = 927,6 \times \frac{MW \times V_{slip} \times D_{cut}}{\mu_{Annular}} \quad (II.16)$$

Keterangan

$N_{re \text{ partikel}}$: Bilangan Reynold

MW : Densitas Lumpur (*Mud Weight*), *ppg*

V_{slip} : Kecepatan Slip, *ft/m*

D_{cut} : Diameter *Cutting*, *inch*

$\mu_{annular}$: Viskositas Annular, *cp*

2.11 Kehilangan Tekanan di Annulus

Kehilangan tekanan atau *pressure loss* di annulus umumnya terjadi karena banyaknya gesekan yang terjadi antara rheology lumpur dengan pola aliran lumpur. Maka dari itu pada pemakaian lumpur *water base mud* (KCL-Polymer) dilakukan perhitungan tekanan annulus yaitu pada *drill pipe* ($P_{ann \text{ dp}}$) dan *annulus drill collar* ($P_{ann \text{ dc}}$). Perhitungan kehilangan tekanan di annulus dengan menggunakan model power law terdapat beberapa tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Hitung *power law index* (n) dan *consistency index* (k) menggunakan persamaan yang sama dengan *pressure loss* di pipa

$$n = 2,32 \log \frac{\text{dial reading } 600}{\text{dial reading } 300} \quad (II.17)$$

$$k = \frac{\text{dial reading } 300}{511^n} \quad (II.18)$$

2. Tentukan masing-masing *average velocity* (\bar{V}) dan *critical velocity* (V_c) untuk mengetahui kehilangan tekanan pada aliran laminar atau aliran turbulen, dengan persamaan berikut:

- a. *Average velocity* (\bar{V}) tergantung pada *flow rate* pompa dan ukuran pipa, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\bar{V} = \frac{24,5Q}{D_{h \text{ pipe}}^2 - OD_{\text{pipe}}^2} \quad (II.19)$$

dimana

$D_{h \text{ pipe}}$: diameter *hole*, in

OD_{pipe} : *outside* diameter pipa, in

- b. *Critical velocity* (V_c)

$$V_c = \left(\frac{3,878(10)^4 K}{\rho} \right)^{1/(2-n)} \left(\frac{2,4}{D_{h \text{ pipe}} - OD_{\text{pipe}}} \left(\frac{2n+1}{3n} \right) \right)^{n/(2-n)} \quad (II.20)$$

3. Persamaan untuk mengetahui kehilangan tekanan di *annulus* mengikuti syarat berikut:

a. Aliran adalah turbulen untuk $\bar{V} > V_c$

$$P_{p\ loss} = \frac{8,91(10^{-5})\rho^{0,8}Q^{1,8}(PV)^{0,2}L}{(D_h - OD_{pipe})^3(D_h + OD_{pipe})^{1,8}} \quad (II.21)$$

b. Aliran adalah laminar untuk $\bar{V} < V_c$

$$P_{p\ loss} = \left(\frac{2,4\bar{V}}{(D_h - OD_{pipe})} \frac{(2n+1)}{3n} \right)^n \frac{KL}{300 (D_h - OD_{pipe})} \quad (II.22)$$

Dimana,

- $P_{p\ loss}$: *pipe pressure loss*, psi
- ρ : densitas lumpur, ppg
- Q : *flow rate*, gpm
- PV : *plastic viscosity*, cp
- L : panjang pipa, ft
- \bar{V} : *critical velocity*, ft/min
- n : *power law index*
- K : *consistency index*
- $D_{h\ pipe}$: diameter hole, in
- OD_{pipe} : *outside diameter* pipa, inch

2.12 Equivalent Circulating Density

Nilai (*Equivalent Circulating Density*) ECD adalah kombinasi nilai density lumpur yang sesungguhnya (*real condition*) yang bekerja pada formasi pada keadaan proses sirkulasi lumpur pemboran dengan *annulus pressure drop*. Berat jenis ini biasanya akan lebih besar dari pada berat jenis yang diukur pada saat dimasukkan ke sumur pemboran, hal ini di karenakan adanya kontaminasi antara lumpur pemboran dengan *cutting* pada formasi tersebut. Nilai ECD (*Equivalent Circulating Density*) yang relatif lebih besar dari pada densitas awal juga menunjukkan bahwa *cutting* atau serbuk bor dapat tercampur dengan baik dengan lumpur pemboran, maka parameter ini dapat digunakan sebagai keberhasilan dalam pengangkatan *cutting*. Kontaminasi lumpur dengan *cutting* terjadi pada saat gesekan yang terjadi pada saat aliran lumpur keluar dari nozzle dan mata bor yang menggerus formasi.

Parameter ECD (*Equivalent Circulating Density*) ini sangat dibutuhkan agar dapat mengetahui densitas lumpur yang sebenarnya, sehingga dapat memprediksikan apakah tekanan dengan densitas yang di berikan sesuai atau tidak. Parameter ECD (*Equivalent Circulating Density*) di hitung untuk menghindari terjadinya *lost circulation* ataupun *kick*. Biasanya pada sumur yang memiliki gradient rekah yang tinggi nilai ECD (*Equivalent Circulating Density*) harus sangat di perhatikan agar tidak terjadinya *loss circulation*.



Gambar 2. 9 Momen Pembentukan Nilai ECD (Wastu et al., 2019)

ECD (*Equivalent Circulating Density*) dapat dihitung dengan rumus:

$$ECD = \frac{\rho + \sum PL}{\text{Depth} \times 0.052} \quad (\text{II.22})$$

Keterangan :

$\sum PL$ = Total Pressure Loss di Annulus (psi)

ρ = Densitas (ppg)

Depth = Kedalaman (ft)

2.13 Sirkulasi *Hole Cleaning*

Sirkulasi *Hole Cleaning* adalah sirkulasi lumpur pemboran yang mempunyai fungsi untuk mengangkat serbuk bor ke permukaan dan melakukan pembersihan di dasar lubang bor selama proses pemboran berlangsung. Apabila sirkulasi pembersihan dasar lubang bor tidak berjalan dengan baik maka proses pengangkatan serbuk bor juga tidak dapat terangkat semuanya dengan baik dan sempurna. Kejadian ini dapat terjadi dikarenakan spesifikasi lumpur pemboran tersebut yang terlalu rendah (nilai *Yield Point* dan *Plastic Viscosity* dari lumpur rendah). Seharusnya lumpur pemboran yang dibuat dan digunakan juga harus sudah sesuai dengan kondisi formasi yang akan di bor. Apabila proses pembersihan dasar lubang bor tidak berjalan baik, maka dapat menimbulkan masalah-masalah seperti terjadinya pengendapan serbuk bor di dalam dasar lubang bor yang kemudian dapat menyebabkan terjepitnya rangkaian bor yang berada di dalam lubang bor (Su & Wang, 2019).

Maka dari itu, diperlukan melakukan analisis lebih lanjut dan rinci tentang keberhasilan kemampuan lumpur pemboran untuk dapat mengangkat secara keseluruhan serbuk bor agar tidak tersisa atau tertinggal dan mengendap di dasar lubang bor. Terdapat tiga metode untuk melakukan analisis pengangkatan serbuk bor yang akan dibahas yaitu *Cutting Carry Index*, *Cutting Transport Ratio*, dan *Cutting Concentration in Annulus*. Dari ketiga metode yang disebutkan tadi, maka dapat diperkirakan efisiensi kinerja dari pengangkatan serbuk bor pada lumpur pemboran yang digunakan (Okon et al., 2015).

2.14 Cutting Transport Ratio

Cutting Transport Ratio adalah salah satu metode pengangkatan serbuk bor untuk menormalisasikan besarnya nilai $V_{transport}$. Besar nilai *cutting transport Ratio* mempunyai *range*

apabila nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dari 0% maka serbuk bor atau *cutting* mengalir dari dasar lubang bor ke permukaan dan apabila menyentuh nilai lebih dari 50% maka kegiatan *hole cleaning* berjalan dengan optimum (Okon et al., 2015).

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung dan menentukan nilai *Cutting Transport Ratio* adalah sebagai berikut, yaitu:

$$CTR = \frac{V_{transport}}{V_{ann}} \quad (II.24)$$

Sehingga diperoleh nilai presentasi CTR (*Cutting Transport Ratio*) dengan rumus atau formula

$$CTR = \frac{V_{ann} - V_{slip}}{V_{ann}} \times 100\% \quad (II.25)$$

Keterangan :

$V_{transport}$: Kecepatan *Cutting* di *Annulus*, ft/s

V_{ann} : Kecepatan Lumpur Rata-rata di *Annulus*, ft/s

V_{slip} : Kecepatan *Slip Cutting*, ft/s

CTR : *Cutting Transport Ratio*, %

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan dalam waktu 6-8 bulan mulai dari rencana persiapan pelaksanaan – hingga pengumpulan 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

Desain 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. Penggunaan kedua metode penelitian berguna untuk mengetahui perbandingan antara dua jenis variable yang berbeda, serta dapat memiliki hubungan dan intervensi pada penelitian didalamnya. Penelitian ini akan mengintervensi dua data vairabel yaitu berupa lumpur polymer starch dan drispac yang merupakan natural polymer. Dua natural polymer tersebut akan diberikan pengaruh temperatur (100 oF, 150 oF dan 200 oF untuk diuji sifat fisik (Densitas, Viskositas, Plastik viskositas, Yield Point , Gel strength, Filtration loss dan pH) pada kandungan komposisi lumpur tersebut. Setelah itu akan di uji karakteristik lumpur tersebut terdapat pengangkatan cutting

3.3. Metode Analisis

Metode analisis data yang digunakan pada peneltian ini adalah mengguakan metode kualitatif.

Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini ada menguji komposisi pada lumpur natural polymer untuk di uji sifat fisik terhadap temperatur tertentu sehingga dapat diketahui komposisi yang baik dalam, proses pengangkatan cutting. Setelah mendapatkan sifat fisik akan diuji hasil tersebut dengan menggunakan metode cutting transport ratio untuk mengetahui seberapa besar persen rasion cutting pada saat melakukan pembersihan dari dasar lubang hingga naik ke permukaan

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator capaian yang akan dilakukan pada penelitian analisa cutting transport ratio pada lumpur pemboran menggunakan natural polymer starch dan drispac dengan berbagai temperatur adalah sebagai berikut :

- 1.Mengetahui penggunaan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut dapat mempengaruhi proses pengangkatan cutting.
- 2.Mengetahui perubahan nilai densitas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 3.Mengetahui perubahan nilai viskositas lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 4.Mengetahui perubahan nilai rheology lumpur polymer Drispac dan Starch terhadap perubahan temperatur.
- 5.Mengetahui faktor apa saja yang yang mempengaruhi proses pengangkatan *cutting* ke permukaan, pada proses sirkulasi lumpur pemboran .
- 6.Mengetahui pengaruh arah aliran pada proses sirkulasi pemboran dapat menentukan keberhasilan pengangkatan cutting ke permukaan.
- 7.Mengetahui pengaruh pressure loss diannulus dan equivalent circulating density dapat menjadi salah satu penentu keberhasilann pengangkatan cutting ?
- 8.Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai densitas pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?
- 9.Mengetahui tingkat keberhasilan pengangkatan cutting dengan adanya perubahan nilai rheology pada metode pengangkatan cutting CTR (*Cutting Transportation Ratio*) ?

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lumpur yang akan dibuat dan diteliti merupakan berbahan dasar air yaitu lumpur dengan menggunakan polymer starch dan polymer drispac, namun diperlukan beberapa komposisi tambahan seperti air yang berfungsi mencampurkan semua bahan yang akan digunakan pada sample lumpur tersebut, kemudian ada KOH yang berfungsi sebagai ph *control* dalam kedua sample lumpur tersebut, sehingga kedua sample lumpur tersebut dapat dalam kondisi basa. Terdapat bentonite yang berfungsi sebagai viscosifier pada lumpur tersebut sehingga kedua sample lumpur tersebut memiliki hasil lumpur yang visous. Kemudian terdapat KCl yang berfungsi sebagai mencegah terjadinya *swelling*. Kemudian ada K soltex untuk memperkuat ion K sehingga peran KCl memiliki fungsi yang lebih kuat pada saat akan mengikat ion Na sehingga jika terjadi masalah seperti *swelling shale* dapat cepat teratasi. Kemudian ada Barite yang berfungsi sebagai pemberat dalam kedua sample lumpur tersebut, sehingga akan mendapatkan nilai densitas yang optimal yang dapat mengimbangi antara tekanan hidrostatik dan tekanan formasi. Terakhir terdapat penambahan Defoamer yang berfungsi sebagai penghilang busa , pada sample ini diberitakan tambahan defoamer karena pada saat pembuatan lumpur tersebut terdapat busa setelah dilakukan mixing, sehingga diperlukan bahan tersebut.

Pada penelitian ini, kedua sample yang digunakan adalah sample Lumpur Starch dan sample lumpur drispac yang masing masing akan diuji dengan tiga temperatur yaitu 150 °F, 200 °F, 250 °F. Langkah awal yang diperlukan pengujian dua sample tersebut dalam skala laboratorium adalah untuk mengetahui nilai sifat fisik lumpur seperti densitas, viskositas , rheology , filtration loss, mud cake dan pH. Setelah dilakukan percobaan pembuatan lumpur dan mengetahui sifat fisik lumpur pada kedua sample lumpur tersebut, maka akan dilanjutkan analisis data sifat fisik dengan menggunakan data lapangan yang bertujuan untuk mengetahui hasil sifat fisik pada kedua sample tersebut apakah dapat digunakan atau tidak. Analisis yang digunakan yaitu dengan mengguji nilai sifat fisik seperti densitas dan rheology terhadap pengangkatan cutting pada sample tersebut dengan menggunakan metode Cutting Transport Ratio. Dibawah ini merupakan komposisi lumpur awal yang akan di uji pada laboratorium tersebut

Tabel 4. 1 Komposisi Lumpur Starch

Bahan	S.G	% Vol (350 ml)	lb/bbl	350 ml	Weight gram
Aquades (ml)	1	89,37	311,1	312,80	312,80
KOH (gr)	2,13	0,10	0,7	0,35	0,75
Bentonite (gr)	2,6	0,77	7	2,69	7
Starch (gr)	1,10	3,51	13,4	12,27	13,5
KCL (gr)	1,72	2,82	16,9	9,88	17
Soltex (gr)	1,40	0,82	4	2,86	4
Barite (gr)	4,20	2,04	29,8	7,14	30
Defoamer (ml)	1	0,57	2	2	2
Total		100	385	350	387

Dibawah ini merupakan Tabel 4.2 Komposisi Lumpur Drispac

Tabel 4. 2 Komposisi Lumpur Drispac

Bahan	S.G	% Vol (350 ml)	lb/bbl	350 ml	Weight gram
Aquades (ml)	1	92,23	321,1	323,81	322,81
KOH (gr)	2,13	0,10	0,7	0,35	0,75
Bentonite (gr)	2,6	0,77	7	2,69	7
Drispac (gr)	1,55	0,65	3,5	2,26	3,5
KCL (gr)	1,72	2,82	16,9	9,88	17
Soltex (gr)	1,40	0,82	4	2,86	4
Barite (gr)	4,20	2,04	29,8	7,14	30
Defoamer (ml)	1	0,57	2	2	2
Total		100	385,01	350	387

Dibawah ini ini merupakan tabel spesifikasi laboratorium yang akan digubakan pada kedua sample tersebut

Tabel 4. 3 Spesifikasi Lumpur yang Digunakan

No	Properties	Suhu (°F)			Unit
		150	200	250	
1	Densitas	9,0 – 9,5	9,5 – 10,0	10,0 – 11,0	ppg
2	<i>Funnel Viscosity</i>	15 - 25	25 - 35	35 - 45	sec/quartz
3	<i>Plastic Viscosity</i>	15 - 25	25 - 35	35 - 45	centipoise
4	<i>Yield Point</i>	15 - 20	20 - 25	25 - 30	lb/100sqft
5	<i>Gels Strength</i>	4-8 / 8-16	4-8 / 8-16	4-8 / 8-16	lb/100sqft
6	<i>Filtration Loss</i>	<=6	<=6	<=6	ml

4.1 Hasil Pengamatan Laboratorium

Pengamatan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti terdiri dari dua yaitu pengamatan sifat fisik lumpur seperti densitas dan *funnel viscosity* dan pengamatan *rheology* lumpur seperti *plastic viscosity*, *yield point*, *gels strength*, dan *filtration loss*.

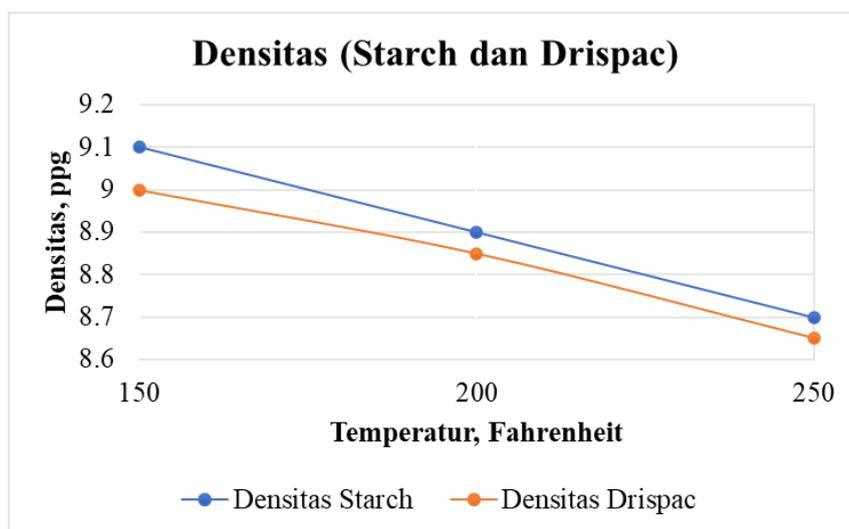
4.1.1 Densitas Lumpur

Densitas Berat jenis adalah berat persatuan volume dari lumpur yang memiliki pengaruh terhadap daya apung (*buoyancy effect*) terhadap partikel padatan, semakin besar berat jenis lumpur maka semakin tinggi kemampuan pengangkatannya karena pengaruh daya angkat pada lumpur tersebut. Penggunaan densitas yang tinggi juga harus dipelajari apakah memerlukan berat jenis yang tinggi dari berat jenis yang biasa digunakan. Ada beberapa sumur yang memerlukan berat jenis lumpur yang tinggi bertujuan untuk menjaga kestabilan lubang bor. Berikut ini merupakan Tabel IV.1 hasil pengukuran densitas terhadap berbagai suhu

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu

Lumpur Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	9,1	8,9	8,7	ppg
Drispac	9	8,85	8,65	ppg

Dibawah ini merupakan Gambar 4.1 hasil pengukuran densitas untuk kedua sample lumpur polymer starch dan drispac



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Terhadap Berbagai Suhu

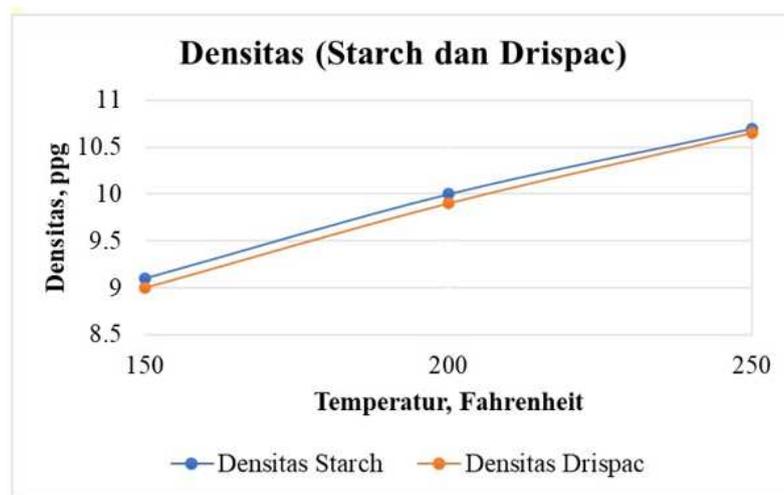
Pada gambar 4.1 terlihat penurunan nilai densitas pada setiap kenaikan suhu, penurunan ini disebabkan oleh berkurang fasa cair pada setiap sample tersebut dan pula terjadi pengendapan padatan sehingga massa dan volume dari lumpur berkurang. Pada gambar tersebut terlihat yang memiliki nilai sesuai dengan spesifikasi hanya pada sample lumpur starch dan drispac yang diberi pengaruh 150 °F, namun pada temperatur 200 °F dan 250 °F mengalami penurunan, sehingga diperlukan penambahan barite pada kedua sample pada temperatur 200 °F dan 250 °F. Penambahan barite dilakukan sebesar 60gram pada masing masing sample lumpur 200 °F didapatkan hasil berupa untuk sampel lumpur starch mendapatkan nilai 10 ppg dari sebelumnya 8,9 ppg, sedangkan untuk lumpur drispac mendapatkan nilai 9,9 ppg dari sebelumnya 8,85 ppg. Pada kedua sample tersebut didapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan .

Pada kedua sample lumpur 250 °F mendapatkan penambahan 120 gram pada masing-masing sample tersebut, untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil 10,7 ppg dari sebelumnya 8,7 ppg. Pada sample lumpur drisapac mendapatkan hasil 10,65 ppg dari hasil sebelumnya 8,65 ppg, sehingga didapatkan hasil pada kedua sample tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dibawah ini merupakan tabel 4.5 Hasil Pengukuran Densitas setelah dilakukan penambahan barite

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite

Lumpur Polimer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	9,1	10	10,7	ppg
Drispac	9	9,9	10,65	ppg

Dibawah ini merupakan gambar IV.2 Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengukuran Densitas Setelah Penambahan Barite

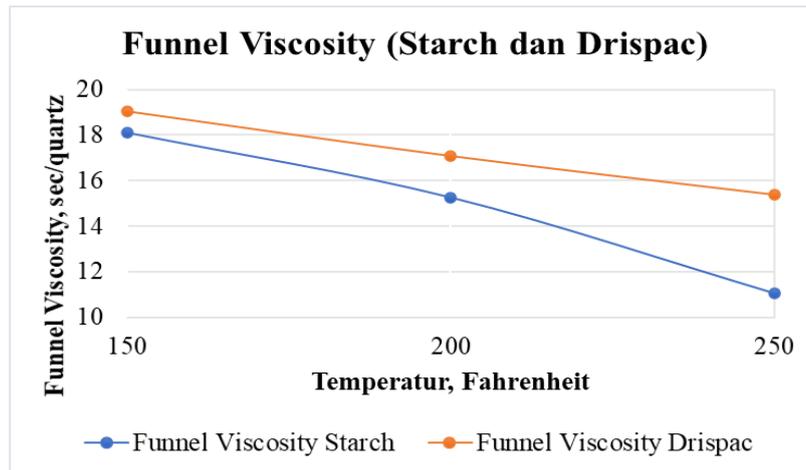
4.1.2 Viskositas Lumpur

Viskositas lumpur merupakan tahanan aliran yang ada pada lumpur. Alat untuk mengukur viskositas lumpur yaitu *marsh funnel* dalam satuan sec/quartz. Semakin lama lumpur keluar dari lubang yang ada pada *marsh funnel* maka lumpur tersebut kental atau memiliki viskositas yang besar. Sedangkan semakin cepat lumpur keluar dari lubang yang ada pada *marsh funnel* maka lumpur tersebut encer atau memiliki viskositas yang kecil. Nilai viskositas lumpur harus disesuaikan dengan standar spesifikasi yang sudah ditetapkan agar pengangkatan *cutting* dapat optimal. Viskositas lumpur sangat berpengaruh dalam proses pengangkatan *cutting* dikarenakan kekentalan dari lumpur dapat menambah daya angkat pada *cutting* keatas permukaan. Nilai viskositas akan berubah setiap kenaikan temperatur. Perubahan nilai viskositas terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Suhu

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	18,11	15,27	11,07	sec/quartz
Drispac	19,03	17,08	15,39	sec/quartz

Dibawah ini merupakan hasil dari grafik pengukuran viskositas terhadap perubahan suhu pada sample lumpur starch dan drispac



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

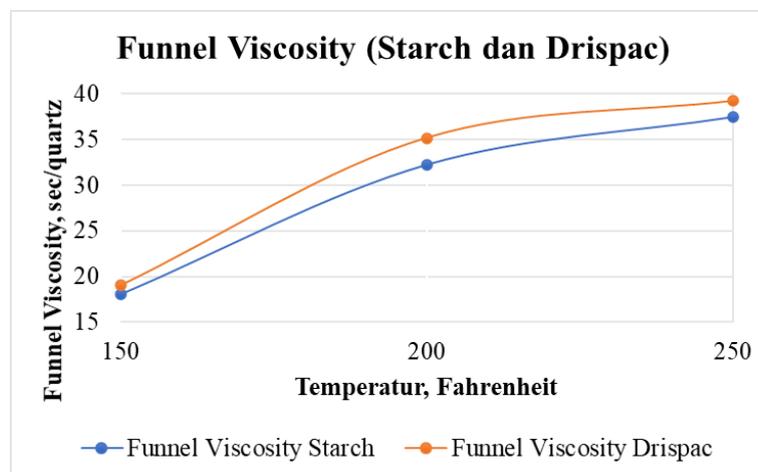
Hasil sample lumpur pada suhu 150 °F untuk sample lumpur starch mendapatkan nilai viskositas sebesar 18,11 sec/quartz. Pada sample lumpur yang mengandung drispac mendapatkan hasil sebesar 19,03 sec/quartz. Pada kedua hasil lumpur tersebut memiliki hasil yang telah memenuhi standar spesifikasi sehingga tidak perlu dilakukan treatment penambahan pada uji sample lumpur tersebut. Pada suhu 200°F untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil viskositas sebesar 15,27 sec/quartz, sedangkan pada sample lumpur drispac mendapatkan hasil viskositas sebesar 17,08 sec/quartz. Kedua sample lumpur pada suhu mendapatkan hasil yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Penurunan nilai viskositas pada kedua sample ini dikarena ada kenaikan suhu sehingga padatan dalam lumpur tersebut berkurang. Apabila kandungan pada padatan lumpur tersebut berkurang maka akan memperkecil nilai ketahanan atau gesekan pada lumpur tersebut. Pada sample 200 °F diperlukan treatment atau tambahan bahan komposisi yaitu bentonite sebesar 12 gram untuk sample lumpur starch dan 15 gram starch pada sample lumpur starch , sedangkan pada sampel lumpur drispac ditambahkan komposisi bentonite sebesar 8 gram dan drispac 1 gram . Setelah ditambahkan komposisi pada kedua sample tersebut maka didapatkan hasil viskositas untuk sample lumpur polymer 32,27 sec/quartz sedangkan untuk sample lumpur drispac mendapatkan hasil 35,19 sec/quartz. Pada suhu 250°F mendapatkan hasil viskositas untuk sample lumpur starch 11,07 sec/quartz, sedangkan pada sample lumpur drispac mendapatkan hasil 15,39 sec/quartz. Kedua sample lumpur tersebut mendapatkan hasil yang tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan, maka perlu dilakukan penambahan komposisi pada kedua sample tersebut. Penurunan hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut disebabkan oleh pengaruh suhu , sehingga padatan dalam lumpur tersebut berkurang. Penambahan bahan yang diberikan pada sampel lumpur 250°F untuk lumpur polymer starch berupa 18 gram, bentonite dan 20 gram starch sedangkan pada sampel lumpur drispac menambahakna 12 gram

bentonite dan 1,5 drispac . Hasil yang didapatkan pada sample lumpur tersebut adalah untuk sample lumpur starch mendapatkan hasil 37,48 sec/quartz sedangkan drispac 39,22 sec/quartz. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	18,11	32,27	37,48	sec/quartz
Drispac	19,03	35,19	39,22	sec/quartz

Dibawah ini merupakan grafik hasil pengukuran viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengukuran Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.7 dan gambar 4.4 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite , starch dan drispac. Nilai viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk viskositas lebih baik menggunakan drispac mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

4.1.3 Plastik Viskositas

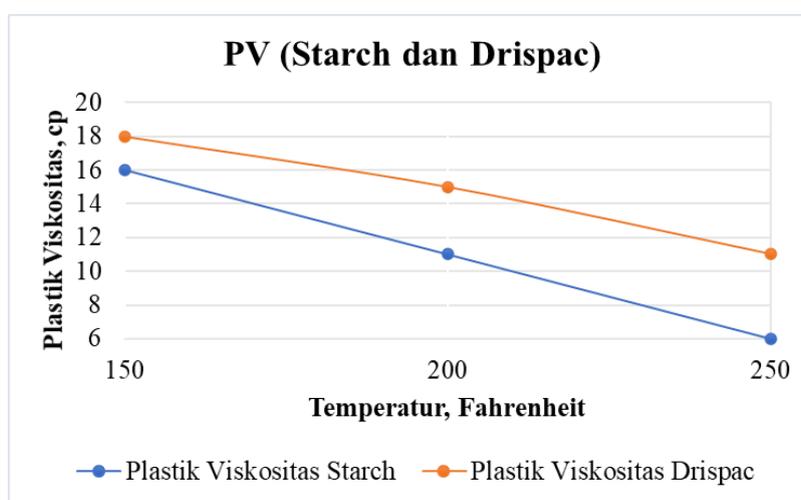
Plastik viskositas merupakan tahanan alir yang disebabkan oleh gaya gesek partikel. Kandungan padatan dan polymer dalam lumpur dapat mempengaruhi nilai plastik viskositas. Semakin banyak kandungan padatan dan kandungan polymer dalam lumpur maka nilai plastik viskositas semakin tinggi. Penurunan nilai plastik viskositas dapat diartikan dengan berkurangnya kandungan padatan dan polymer dalam lumpur. Plastik viskositas dapatkan ditingkatkan dengan cara menambahkan kandungan padatan dan polymer pada lumpur tersebut. Kandungan padatan dan polymer dalam lumpur harus diperhatikan ukuran partikel dan luas permukaan partikel. Semakin besar luas permukaan partikel akan mengakibatkan peningkatan pada nilai plastik viskositas, hal tersebut dapat menimbulkan

semakin besar pula partikel bergesek dengan partikel lainnya. Setiap perubahan temperatur mengakibatkan perubahan pada nilai plastik viskositas. Pada tabel 4.8 dibawah ini menunjukkan perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai suhu.

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	16	11	6	cp
Drispac	18	15	11	cp

Grafik perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Terhadap Berbagai Suhu

Pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.5 menunjukkan penurunan hasil pada nilai plastik viskositas, ini disebabkan oleh adanya perubahan suhu dari 150 °F sampai 250 °F, dikarena semakin tinggi suhu yang diberikan maka volume pada lumpur tersebut akan memuai. Kandungan pada padatan dalam lumpur tersebut mengendapa dibagian dasar permukaan aging cell sehingga gaya gesek antar partikel padaran lumpur tersebut mengecil . Pada sample lumpur 150 °F kedua sample tersebut mendapatkan hasil sesuai standar spesifikasi yang diinginkan yaitu untuk lumpur starch 16 cp dan lumpur drispac 18 cp maka tidak perlu dilakukan treatment penambahan bahan.

Pada suhu 200 °F mendapatkan hasil plastic viskositas untuk sample lumpur starch 11 cp sedangkan drispac 15 cp. Hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut menunjukan nilai dibawah stadar spesifikasi yang diinginkan, maka diperlukan penambahan bahan pada kedua sample tersebut. Penurunan tersebut disebabkan memuaikan volume pada lumpur tersebut sehingga lumpur mengendap kebagian bawah permukaan *aging cell* setelah dilakukan *hot rolling oven* selama 16 jam. Keefektifan pada kedua sample lumpur polymer tersebut turun sehingga diperlukan lakukan penambahan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut. Pada sample lumpur polymer starch ditambahkan 12 gram bentonite dan 15 gram starch, sedangkan untuk sample lumpur drispac ditambahkan 8 gram

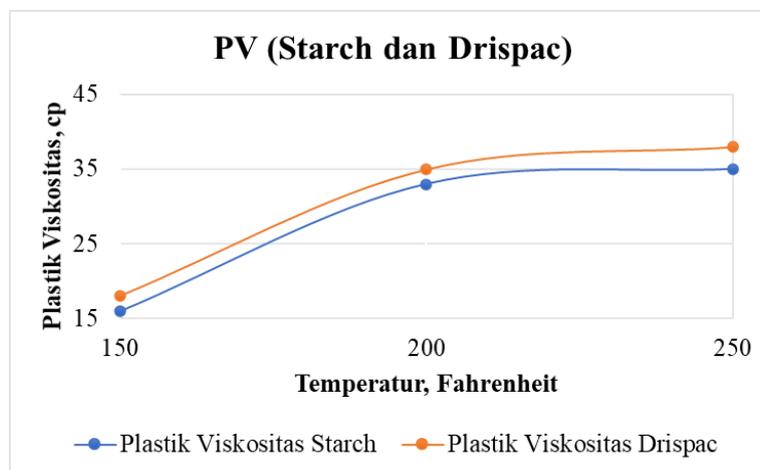
bentonite dan 1 gram drispac untuk menaikkan nilai plastik viskositas dari hasil sebelumnya. Hasil yang didapat untuk sample lumpur polymer starch sebesar 33 cp sedangkan untuk sample lumpur drispac 35 cp. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Pada suhu 250 °F didapatkan hasil plastic viskositas untuk sample lumpur starch 6 cp sedangkan drispac 11 cp. Hasil yang didapatkan pada kedua sample tersebut menunjukkan nilai dibawah stadar spesifikasi yang diinginkan, maka diperlukan penambahan bahan pada kedua sample tersebut. Penurunan tersebut disebabkan memuaikan volume pada lumpur tersebut sehingga lumpur mengendap kebagian bawah permukaan aging cell setelah dilakukan hot rolling oven selama 16 jam. Keefektifan pada kedua sample lumpur polymer tersebut turun sehingga diperlukan penambahan komposisi pada kedua sample lumpur tersebut. Pada sample lumpur polymer starch ditambahkan 18 gram bentonite dan 20 gram starch, sedangkan untuk sample lumpur drispac ditambahkan 12 gram bentonite dan 1,5 gram drispac untuk menaikkan nilai plastic viskositas dari hasil sebelumnya . Hasil yang didapat adalah untuk sample lumpur polymer starch sebesar 35 cp sedangkan untuk sample lumpur drispac 38 cp. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran plastik viskositas setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200°F dan 250°F

Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	16	33	35	cp
Drispac	18	35	38	cp

Grafik perubahan nilai plastik viskositas terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar IV.6 dibawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengukuran Plastik Viskositas Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.9 dan gambar 4.6 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite , starch dan drispac. Nilai plastic viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk plastic viskositas lebih baik menggunakan drispac untuk mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

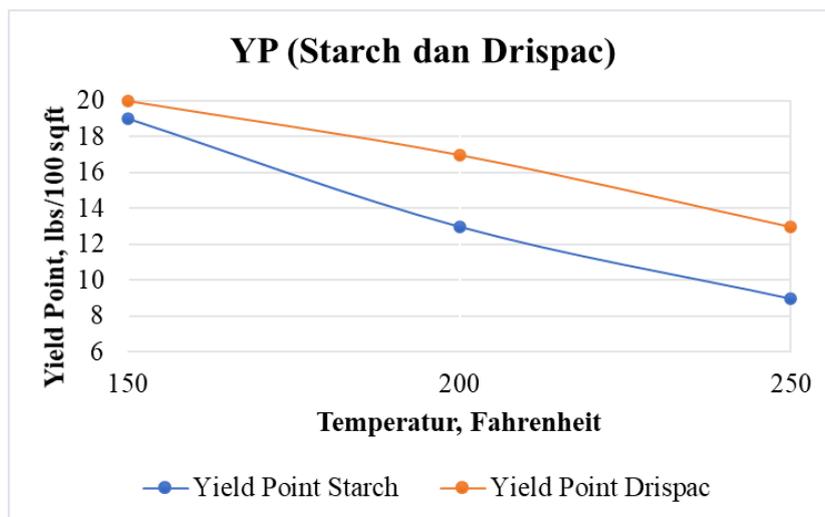
4.1.4 Yield Point

Yield point adalah tahanan aliran yang dipengaruhi oleh gaya tarik menarik antar partikel dalam keadaan dinamis. Gaya tarik menarik antar partikel disebabkan oleh adanya muatan dari partikel tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *yield point* dari lumpur seperti konsentrasi volume kandungan padatan dalam lumpur dan jumlah muatan partikel yang terkandung dalam lumpur. Perubahan *yield point* dapat dipengaruhi oleh temperatur. Nilai *yield point* pada lumpur harus sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dikarenakan hal tersebut dapat mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal. Perubahan *yield point* terhadap berbagai temperatur pada kedua *natural polymer* dapat ditunjukkan pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran *Yield point* Terhadap Berbagai Suhu

Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	19	13	9	lbs/100 sqft
Drispac	20	17	13	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *yield point* terhadap berbagai temperature pada kedua *natural polymer* tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengukuran *Yield point* Terhadap Temperatur

Pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.7 untuk suhu 150°F untuk sampel lumpur starch dan drispac mendapatkan hasil sesuai dengan standar spesifikasi yang diinginkan yaitu berkisar 19 lbs/100 sqft dan 20 lbs/100 sqft, maka hasil tersebut tidak perlu dilakukan penambahan bahan atau komposisi. Pada sample lumpur suhu 200°F mendapatkan hasil untuk sampel lumpur starch sebesar 13 lbs/100 sqft dan untuk sample lumpur drispac sebesar 17 lbs/100 sqft. Pada sample ini mengalami penurunan hasil dari sample sebelumnya. Ini disebabkan ada perubahan suhu yang diberikan pada kedua sample ini sehingga volume pada lumpur tersebut memuai dan membuat jumlah partikel yang saling menarik atau

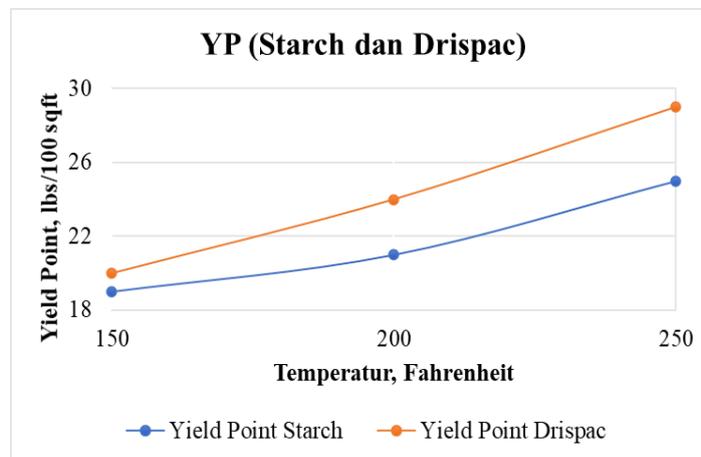
bergesekan menjadi berkurang. Pada sample dibutuhkan penambahan komposisi yaitu untuk sample lumpur starch menambahkan 12gram bentonite dan 15gram starch sedangkan untuk sample lumpur drispac menambahkan 8gram bentonite dan 1gram drispac. Hasil yang di peroleh adalah sebesar 21 lbs/100sqft untuk sample lumpur starch dan lumpur yang mengandung drispac mendapatkan nilai *yield point* sebesar 24 lbs/100sqft.

Pada sample lumpur suhu 250 °F mendapatkan hasil untuk sampel lumpur starch sebesar 9 lbs/100 sqft dan untuk sample lumpur drispac sebesar 13 lbs/100 sqft. Pada sample ini mengalami penurunan hasil dari sample sebelumnya. Ini disebabkan ada perubahan suhu yang diberikan pada kedua sample ini sehingga volume pada lumpur tersebut memuai dan membuat jumlah partikel yang saling menarik atau bergesekan menjadi berkurang. Pada sample dibutuhkan penambahan komposisi yaitu untuk sample lumpur starch menambahkan 18gram bentonite dan 20gram starch sedangkan untuk sample lumpur drispac menambahkan 12gram bentonite dan 1gram drispac. Hasil yang di peroleh adalah sebesar 25 lbs/100sqft untuk sample lumpur starch dan lumpur yang mengandung drispac mendapatkan nilai *yield point* sebesar 29 lbs/100sqft. Dibawah ini merupakan tabel dari hasil pengukuran *yield point* setelah dilakukan penambahan bahan pada sampel 200 °F dan 250 °F

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran *Yield point* Setelah Penambahan Bahan

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	19	21	25	lbs/100 sqft
Drispac	20	24	29	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *yield point* terhadap berbagai temperatur setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar IV.8 dibawah ini.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengukuran *Yield point* Setelah Penambahan Bahan

Dari hasil tabel 4.11 dan gambar 4.8 menunjukkan kenaikan nilai viskositas lumpur setelah diberikan penambahan bentonite, starch dan drispac. Nilai plastic viskositas drispac mendapatkan hasil lebih tinggi sedikit daripada starch. Sehingga untuk plastic viskositas lebih baik menggunakan driapac mendapatkan hasil yang meningkatkan namun penambahan bahannya tidak terlalu banyak seperti sample lumpur starch.

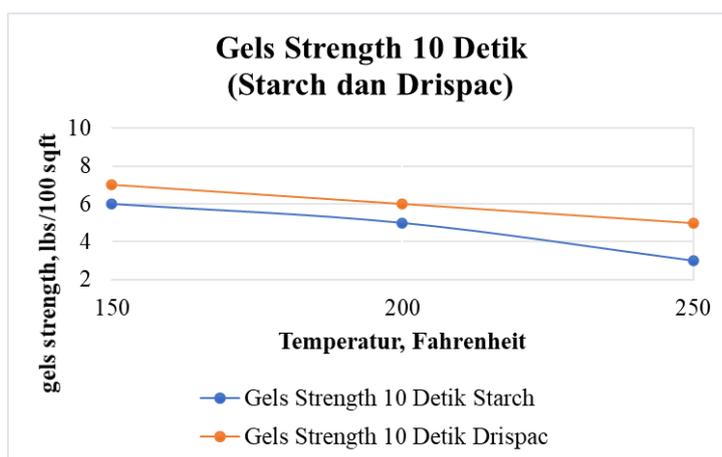
4.1.5 Gel Strength

Gel strength dalam lumpur merupakan ukuran gaya tarik menarik antar partikel yang ada dalam lumpur. Gaya tarik tersebut dalam lumpur bersifat statik atau dalam kondisi diam. Salah satu fungsi *gel strength* pada lumpur untuk menahan *cutting* tidak jatuh kedalam bawah lubang pemboran pada saat sirkulasi dihentikan. Pengukuran *gels strength* dalam lumpur terdiri dari dua yaitu pengukuran *gel strength* selama 10 detik dan selama 10 menit. Perubahan *gel strength* dalam lumpur dapat dipengaruhi oleh perubahan pada temperatur dalam sistem lumpur. Tabel 4.12 dibawah ini menunjukkan perubahan nilai *gels strength* lumpur terhadap berbagai temperatur.

Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran *Gels Strength* Terhadap Berbagai Suhu

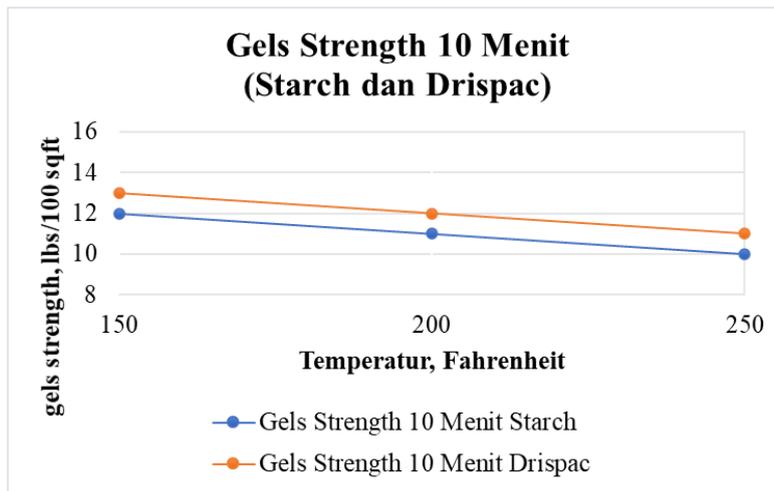
Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6/12	5/11	3/10	lbs/100 sqft
Drispac	7/13	6/12	5/11	lbs/100 sqft

Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 detik terhadap berbagai temperatur dapat ditunjukkan pada gambar IV.9 dibawah ini.



Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu

Grafik perubahan nilai *gel strength* 10 menit terhadap berbagai temperatur dapat ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Terhadap Berbagai Suhu

Pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 pengukuran *gel strength* 10 detik dan 10 menit mengalami penurunan. Penurunan *gel strength* tersebut dikarenakan kandungan padatan dalam lumpur mengendap setelah *hot rolling oven* selama 16 jam sehingga gaya tarik menarik antar partikel dalam kondisi statik pada lumpur menjadi berkurang serta keefektifan penggunaan *natural polymer* berkurang setiap kenaikan temperatur. Pada temperatur 150 °F lumpur yang mengandung *natural polymer* starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft. Pada temperatur 150°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 7 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 13 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur yang mengandung starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 5 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 11 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft. Pada temperatur 250°F lumpur yang mengandung *natural polymer* starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 3 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 10 lbs/100sqft. Pada temperatur 250°F lumpur yang mengandung drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 5 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 11 lbs/100sqft.

Dari hasil pengukuran *gel strength* tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi standar lumpur yang ditunjukkan pada tabel 4.3 namun untuk *gels strength* 10 detik lumpur yang mengandung starch tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Pada kedua lumpur tersebut ditambahkan beberapa bahan dikarenakan untuk mencapai nilai densitas, viskositas, plastik viskositas, dan *yield point* sesuai dengan standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Penambahan bahan tersebut berpengaruh terhadap perubahan nilai *gels strength* lumpur. perubahan nilai *gels strength* setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada tabel IV.13 dibawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran *Gels Strength* Setelah Penambahan Bahan

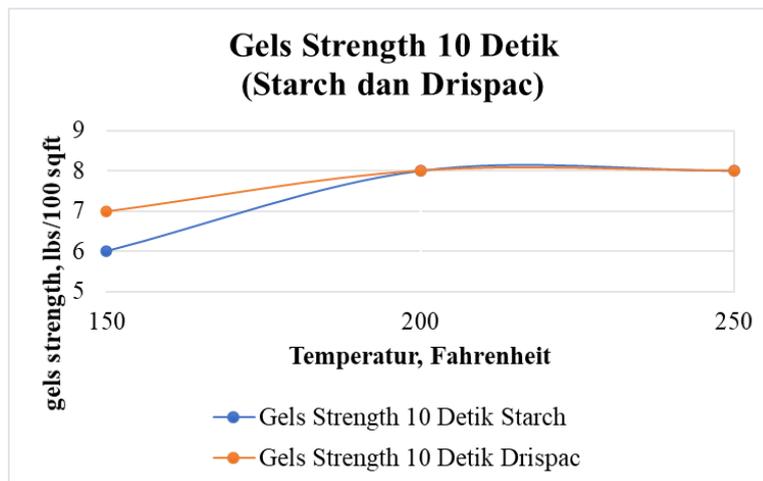
Jenis <i>Polymer</i>	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6/12	8/16	8/16	lbs/100 sqft
Drispac	7/13	8/16	8/16	lbs/100 sqft

Pada tabel 4.13 kedua lumpur yang ditambahkan bahan seperti bentonite, starch, drispac, dan barite mengalami peningkatan nilai *gels strength* dikarenakan lumpur diberikan kandungan padatan

dan polymer sehingga gaya tarik menarik dalam kondisi static antar partikel dalam lumpur menjadi meningkat. Pada temperatur 150 °F kedua lumpur tidak diberikan penambahan bahan sehingga nilai *gels strength* tetap yaitu pada sampel lumpur starch nilai *gels strength* 10 detik sebesar 6 lbs/100sqft dan *gels strength* 10 menit sebesar 12 lbs/100sqft sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai *gels strength* 10 detik sebesar 7 lbs/100sqft dan *gels strength* 10 menit sebesar 13 lbs/100sqft.

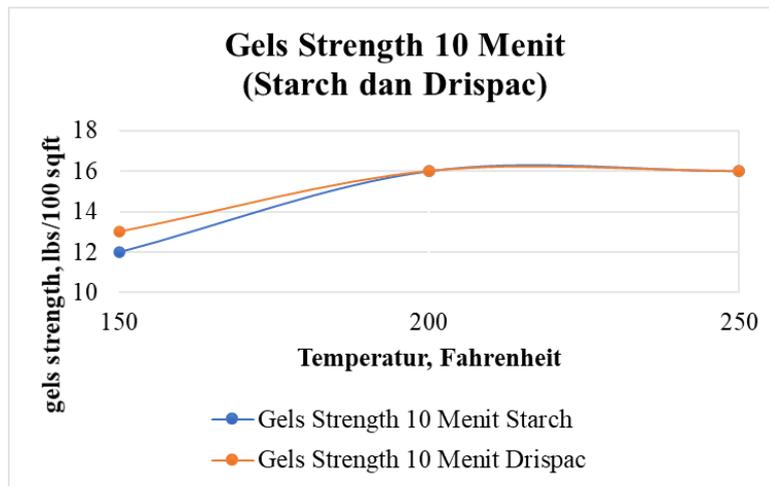
Pada temperatur 200°F lumpur diberikan *treatment* tambahan seperti bentonite sebanyak 12gram dan starch sebanyak 15gram kedalam lumpur yang mengandung *natural polymer* starch sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F lumpur diberikan *treatment* tambahan seperti bentonite sebanyak 8 gram dan drispac sebanyak 1 gram kedalam lumpur yang mengandung drispac sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100 sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft.

Lumpur yang mengandung starch pada temperatur 250°F diberikan penambahan seperti bentonite sebanyak 18 gram dan starch sebanyak 20 gram sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Lumpur yang mengandung drispac pada temperatur 250°F diberikan *treatment* tambahan seperti penambahan bentonite sebanyak 12 gram dan drispac sebanyak 1,5 gram sehingga nilai *gels strength* 10 detik sebesar 8 lbs/100sqft dan nilai *gels strength* 10 menit sebesar 16 lbs/100sqft. Barite juga ditambahkan kedalam kedua lumpur tersebut sebanyak 60 gram pada temperatur 200°F dan 120 gram pada temperatur 250°F. Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 detik setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Detik Setelah Penambahan Bahan

Grafik perubahan nilai *gels strength* 10 menit setelah penambahan bahan dapat ditunjukkan pada gambar 4.12



Gambar 4. 12 Grafik Hasil Pengukuran *Gels Strength* 10 Menit Setelah Penambahan Bahan

4.1.6 Filtration Loss

Pada lumpur pemboran terdapat 3 fasa yaitu fasa cair, kimia, dan padatan. *Filtration loss* merupakan fasa cair yang terdapat dalam lumpur yang hilang kedalam formasi batuan. Fasa cair yang hilang kedalam formasi batuan dinamakan filtrat. Fasa cair yang hilang kedalam formasi batuan akan menimbulkan sebuah partikel padatan-padatan yang menempel pada dinding lubang bor yang dinamakan mud cake atau filtrat cake. Kenaikan temperatur dapat menyebabkan nilai *filtration loss* menjadi besar dan membuat mud cake yang cukup tebal. Perubahan *filtration* terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada tabel IV.14 dibawah ini.

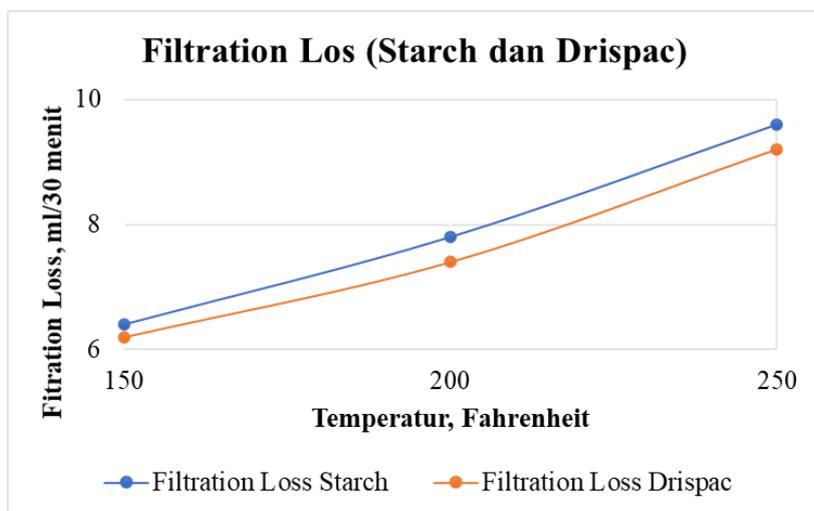
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Terhadap Temperatur

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6,4	7,8	9,6	ml
Drispac	6,2	7,4	9,2	ml

Tabel 4.14 menunjukkan setiap kenaikan temperatur maka nilai *filtration loss* pada lumpur meningkat dikarenakan lumpur menjadi encer sehingga fasa cair dalam lumpur lebih mudah masuk kedalam pori-pori formasi batuan. Pada temperatur 150°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 6,4 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 6,2 ml. Pada temperatur 200°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 7,8 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 7,4 ml. Pada temperatur 250°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 9,6 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 9,2 ml.

Pada temperatur 150°F, 200°F, dan 250°F sampel lumpur yang mengandung starch dan drispac nilai *filtration loss* sesuai dari standar spesifikasi lumpur yang ditunjukkan pada tabel IV.3. Pada temperatur 200°F dan 250°F Lumpur yang mengandung starch dan drispac dilakukan *treatment* tambahan untuk menjaga nilai dari densitas, plastik viskositas, dan *yield point*. *Treatment* tambahan yang dilakukan pada kedua sampel lumpur dengan cara penambahan bentonite, starch, drispac, dan barite. Penambahan bahan tersebut dapat menyebabkan perubahan nilai *filtration loss* pada kedua sampel lumpur. Perubahan nilai *filtration loss* terjadi setelah penambahan bahan dikarenakan sampel

lumpur ditambahkan bentonite yang merupakan padatan yang berfungsi untuk membuat viskositas lumpur dan dapat membantu mengurangi fasa air pada lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan dan penambahan *polymer starch* dan *polymer drispac* untuk meningkatkan viskositas lumpur serta mengurangi fasa air dalam lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan. Grafik perubahan filtration terhadap berbagai temperatur dapat dilihat pada gambar IV.13 dibawah ini.



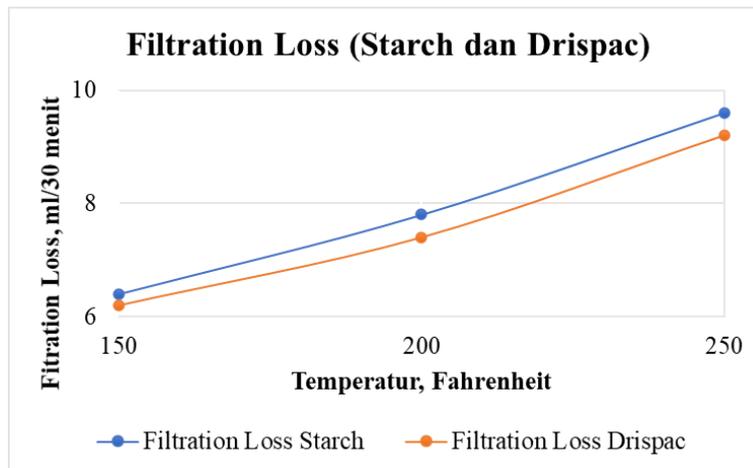
Gambar 4. 13 Grafik Perubahan *Filtration Loss* Terhadap Temperatur

Perubahan *filtration loss* ditunjukkan pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Setelah Penambahan Bahan

Jenis Polymer	Temperatur (°F)			Satuan
	150	200	250	
Starch	6,4	5,8	2,4	ml
Drispac	6,2	5,6	2,2	ml

Grafik perubahan nilai *filtration loss* pada kedua sampel lumpur setelah penambahan bahan dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengukuran *Filtration Loss* Setelah Penambahan Bahan

Pada gambar 4.14 menunjukkan hasil *filtration loss* pada kedua sampel lumpur mengalami penurunan dikarenakan ditambahkan kandungan padatan dan polymer kedalam masing-masing lumpur sehingga lumpur menjadi kental dan fraksi air dalam lumpur menjadi berkurang. Kedua tersebut selain membentuk viskositas juga memiliki kemampuan untuk mengontrol *filtration loss*. Lumpur yang kental membuat fasa air yang ada dalam lumpur masuk kedalam pori-pori formasi batuan menjadi sulit serta dipengaruhi juga penambahan polymer seperti starch dan drispac yang kedua *polymer* tersebut memiliki fungsi untuk mengontrol filtrat lumpur agar tidak masuk kedalam pori-pori batuan secara berlebihan. Penambahan starch dan drispac juga berpengaruh terhadap kekentalan dari lumpur. Peningkatan penurunan nilai *filtration loss* dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi dari starch dan drispac. Pada temperatur 150°F sampel lumpur yang mengandung starch dan *natural polymer* drispac tidak mengalami perubahan nilai *filtration loss* dikarenakan tidak ditambahkan bahan kedalam lumpur. Pada temperatur 200°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 5,8 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 5,6 ml. Pada temperatur 250°F sampel lumpur yang mengandung starch nilai *filtration loss* sebesar 2,4 ml dan lumpur yang mengandung drispac nilai *filtration loss* sebesar 2,2 ml.

4.2 Pengangkatan *Cutting Trayek* 17-1/2” Pada Temperatur 150°F

Setelah melakukan percobaan di laboratoroum sampel lumpur KCL Polymer (starch dan drispac) akan dilakukan pengujian perhitungan pengangkatan cutting. Pengujian disini dilakukan untuk mengetahui seberapa optimalkan sample lumpur tersebut jika diuji pada saat proses pengangkatan cutting di sumur pemboran. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan *cutting trayek* 17-1/2” untuk lumpur yang mengandung sample lumpur starch pada temperatur 150°F dapat ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	2875/2672	ft
Lubang Sumur	17,5	inch
Inklinasi Sumur	27,05	derajat
Densitas Lumpur	9,10	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	16	cp
<i>Yield point</i> Lumpur	19	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,54	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,18	fraksi
Kcci	604,504	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	1,076650	%
RPM	36	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	60,27	ft/hr
Laju Alir Pompa	900	gpm

Dibawah ini merupakan data perhitungan *cutting* pada sample lumpur KCl Polymer (Drispac) pada Trayek 17 ½ Inchi pada Temperatur 150°F

Tabel 4. 17 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2 Pada Temperatur 150°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	2875/2672	ft
Lubang Sumur	17,5	inch
Inklinasi Sumur	27,05	derajat
Densitas Lumpur	9	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	18	cp
<i>Yield point</i> Lumpur	20	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,56	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,16	fraksi
Kcci	592,935	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	1,076650	%
RPM	36	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	60,27	ft/hr
Laju Alir Pompa	900	gpm

Dari tabel 4.16 dan 4.17 selanjutnya akan dilakukan perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F menggunakan

sampel lumpur yang sudah dilakukan *treatment* tambahan dengan cara menambahkan komposisi seperti bentonite, starch atau drispac, dan barite. Hasil perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pada sampel lumpur KCl starch trayek 17-1/2” dengan temperatur 150 °F dapat ditunjukkan pada tabel IV.18.

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,63	1,721206	4,083706	871,773343	Laminar
Float Sub	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
Stabilizer	15	4,523077	6,262332	332,036157	Laminar
Mole Shoe MWD	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
NMDC	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
X/O Sub	8	1,517028	3,806940	1006,475751	Laminar
HWDP	7,94	1,511062	3,798015	1011,193396	Laminar
Drilling Jar	5	1,306667	3,436687	1221,433670	Laminar
HWDP	6,25	1,375439	3,574371	1137,074407	Laminar
DP*(OH)	5	1,306667	3,436687	1221,433670	Laminar
DP*(CH)	5	2,924195	4,205169	660,164644	Laminar

Hasil perhitungan Vann, annular viskositas, Vcrit, dan jenis alirannya terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pada lumpur KCl Polymer drispac trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dapat ditunjukkan pada tabel IV.19.

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150°F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viscosity, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,63	1,721206	4,251896	842,920461	Laminar
Float Sub	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
Stabilizer	15	4,523077	6,637335	332,286341	Laminar
Mole Shoe MWD	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
NMDC	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
X/O Sub	8	1,517028	3,952170	968,192980	Laminar
HWDP	7,94	1,511062	3,942519	972,569042	Laminar
Drilling Jar	5	1,306667	3,552628	1166,894879	Laminar
HWDP	6,25	1,375439	3,701004	1089,077267	Laminar
DP*(OH)	5	1,306667	3,552628	1166,894879	Laminar
DP*(CH)	5	2,924195	4,383707	644,673414	Laminar

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai Vann pada sampel lumpur yang mengandung starch dan sampel lumpur drispac bernilai sama yaitu berkisar 1,306667 ft/s sampai dengan 4,523077 ft/s. Pada nilai Vann kedua sampel lumpur sama dikarenakan parameter yang digunakan untuk perhitungan Vann bernilai sama. Parameter yang mempengaruhi nilai Vann adalah laju alir pompa,

diameter luar BHA (*Bottom Hole Assembly*), dan diameter lubang sumur. Pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) nilai V_{ann} berbeda-beda dikarenakan ukuran diameter luar pipa berbeda, semakin besar ukuran diameter luar pipa maka V_{ann} semakin besar dan sebaliknya. Peningkatan diameter luar pipa BHA (*Bottom Hole Assembly*) akan menyebabkan diameter annulus semakin mengecil dan laju aliran didalam annulus semakin membesar. Perhitungan V_{ann} dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.11.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai V_{crit} pada sampel lumpur starch dan sampel lumpur drispac bernilai berbeda yaitu pada sampel lumpur starch nilai V_{crit} berkisar 3,436687 ft/s sampai dengan 6,262332 ft/s sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 3,552628 ft/s sampai dengan 6,637335 ft/s. perbedaan nilai V_{crit} tersebut dari kedua sampel lumpur dikarenakan nilai indeks kelakuan aliran, densitas lumpur, dan nilai konstanta *power law* berbeda. Nilai yang mempengaruhi indeks kelakuan aliran dan nilai konstanta *power law* adalah plastik viskositas dan *yield point*.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa nilai annular viskositas pada sampel lumpur starch dan sampel lumpur drispac bernilai berbeda yaitu pada sampel lumpur yang starch nilai annular viskositas berkisar 332,036157 cp sampai dengan 1221,433670 cp sedangkan pada sampel lumpur drispac nilai annular viskositas berkisar 332,286341 cp sampai dengan 1166,894879 cp. Nilai yang mempengaruhi annular viskositas adalah V_{ann} , indeks kelakuan aliran, konstanta *power law* dan diameter lubang annulus. Perhitungan annular viskositas dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.8.

Pada tabel 4.18 dan tabel 4.19 terlihat bahwa pola aliran dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah laminar, hal tersebut terjadi karena nilai pada V_{ann} masih lebih rendah dengan nilai V_{crit} dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*). Jenis aliran bergantung dengan nilai V_{ann} dan V_{crit} . Meningkatnya nilai V_{ann} dipengaruhi oleh peningkatan laju alir pompa dan kecilnya diameter lubang annulus. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{crit} adalah densitas lumpur, plastik viskositas, dan *yield point*. Pola aliran turbulen sangat dihindarkan pada saat pemboran dikarenakan dapat menyebabkan erosi pada lubang dinding bor.

Dari tabel 4.18 dan 4.19 selanjutnya akan dilakukan perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur yang mengandung starch dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	N_{re} partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,008569	0,008849	0,014777
Float Sub	0,006429	0,007665	0,012800
Stabilizer	0,059067	0,023234	0,038798
Mole Shoe MWD	0,006429	0,007665	0,012800
NMDC	0,006429	0,007665	0,012800
X/O Sub	0,006429	0,007665	0,012800
HWD	0,006369	0,007629	0,012740
Drilling Jar	0,004365	0,006316	0,010547
HWD	0,005037	0,006785	0,011329
DP*(OH)	0,004365	0,006316	0,010547
DP*(CH	0,014942	0,011686	0,019514

Hasil perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur drispac dapat dilihat pada tabel 4.21 dibawah ini

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	N_{re} partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,009162	0,009251	0,015320
Float Sub	0,006944	0,008054	0,013337
Stabilizer	0,058957	0,023466	0,038862
Mole Shoe MWD	0,006944	0,008054	0,013337
NMDC	0,006944	0,008054	0,013337
X/O Sub	0,006944	0,008054	0,013337
HWDP	0,006882	0,008017	0,013277
Drilling Jar	0,004781	0,006682	0,011066
HWDP	0,005488	0,007160	0,011857
DP*(OH)	0,004781	0,006682	0,011066
DP*(CH)	0,015663	0,012095	0,020031

Pada tabel 4.20 dan tabel 4.21 terlihat bahwa nilai N_{re} partikel dibawah nilai 3 sehingga arah aliran dari kedua sampel lumpur terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) pola alirannya adalah laminar. Nilai N_{re} partikel dari sampel lumpur starch berkisar 0,004365 sampai dengan 0,059067. Nilai N_{re} partikel dari sampel lumpur drispac berkisar 0,004781 sampai dengan 0,058957. Faktor yang mempengaruhi nilai N_{re} partikel adalah densitas lumpur, V_{slip} , diameter *cutting* dan viskositas annular. Peningkatan nilai annular viskositas dapat menurunkan nilai N_{re} partikel, hal tersebut dikarenakan semakin kental lumpur didalam annulus maka *cutting* yang ada didalam annulus bergerak sejajar. Pergerakan *cutting* tersebut menandakan pola aliran laminar. Penurunan nilai N_{re} partikel dapat membuat pola aliran menjadi laminar. Perhitungan N_{re} partikel pada penelitian ini menggunakan V_{slip} laminar dikarenakan pola aliran kedua sampel lumpur adalah laminar, perhitungan tersebut dapat dilihat pada persamaan 2.14. Pada penelitian ini nilai diameter *cutting* sama dari kedua sampel lumpur sehingga tidak berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel.

Nilai V_{slip} pada sampel lumpur starch berkisar 0,006316 ft/s sampai dengan 0,023234 ft/s. Nilai V_{slip} pada sampel lumpur drispac berkisar 0,006682 ft/s sampai dengan 0,023466 ft/s. Perhitungan tersebut menggunakan V_{slip} dengan pola aliran laminar dikarenakan dari nilai N_{re} partikel menunjukkan pola aliran laminar. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} pola aliran laminar adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan nilai annular viskositas. Pada perhitungan V_{slip} peningkatan nilai annular viskositas berpengaruh terhadap nilai kecepatan slip (V_{slip}) dikarenakan kekentalan lumpur didalam annulus (annular viskositas) dapat menurunkan nilai kecepatan kritik lumpur untuk mengangkat *cutting* keatas permukaan (V_{slip}). Nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan V_{slip} hal tersebut dapat dilihat pada persamaan II.4, semakin besar nilai viskositas annular maka semakin kecil nilai V_{slip} dan sebaliknya. Penurunan nilai V_{slip} menandakan bahwa perbedaan antara kecepatan minimum fluida didalam annulus agar *cutting* dapat terangkat keatas permukaan (V_{min}) dengan kecepatan *cutting* didalam annulus (V_{cut}) semakin mengecil dan sebaliknya. Nilai V_{slip} yang kecil hal yang diharapkan dikarenakan V_{cut} mendekati dengan kecepatan V_{min} , *cutting* sudah terangkat keatas permukaan dengan mendekati kecepatan lumpur di annulus yang menandakan lumpur tersebut kental dan kecepatan *transport cutting* meningkat.

Pada trayek ini sudut inklinasi sumur kurang dari 45 ° oleh sebab itu harus dilakukan perhitungan pengkoreksian Vslip, perhitungan Vslip koreksi kurang dari 45 ° dapat dilihat pada persamaan II.7. Nilai Vslip koreksi dari sampel lumpur starch berkisar 0,010547 ft/s sampai dengan 0,038798 ft/s. Nilai Vslip koreksi dari lumpur drispac berkisar 0,011066 ft/s sampai dengan 0,038862 ft/s. Perbedaan nilai Vslip koreksi dipengaruhi oleh Vslip, RPM, sudut inklinasi sumur, dan densitas lumpur. Pada sampel lumpur drispac nilai Vslip koreksi lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch, hal ini dikarenakan nilai Vslip pada sampel lumpur drispac memiliki komposisi lebih besar dibandingkan nilai Vslip pada sampel lumpur starch. Dari hasil perhitungan Vann dan Vslip koreksi, n dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan Hasil perhitungan pengangkatan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.22 dibawah ini.

Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Cutting Sample Lumpur KCl Polymer (Starch) Pada Trayek 17-1/2 ” Pada Temperatur 150 °F

BHA	CTR
Mud Motor	99,141459
Float Sub	99,156276
Stabilizer	99,142216
Mole Shoe MWD	99,156276
NMDC	99,156276
X/O Sub	99,156276
HWDP	99,156896
Drilling Jar	99,192834
HWDP	99,176303
DP*(OH)	99,192834
DP*(CH)	99,332673

Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* CTR pada trayek 17-1/2” dengan temperatur 150°F dari sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Cutting Sample Lumpur KCl Polymer (Drispac) Pada Trayek 17-1/2” Pada Temperatur 150 °F

BHA	CTR
Mud Motor	99,109950
Float Sub	99,120819
Stabilizer	99,140814
Mole Shoe MWD	99,120819
NMDC	99,120819
X/O Sub	99,120819
HWDP	99,121320
Drilling Jar	99,153090
HWDP	99,137947
DP*(OH)	99,153090
DP*(CH)	99,315005

Pada tabel 4.22 dan tabel 4.23 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur yang mengandung starch berkisar 99,141459 % sampai dengan 99,332673 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur yang mengandung drispac berkisar 99,109950 % sampai dengan 99,315005 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah Vslip koreksi yang bernilai kecil dan nilai Vann. Vslip koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan Vann. Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur starch nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur yang mengandung drispac, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* starch lebih besar yaitu 1,18 dan sampel lumpur yang mengandung drispac lebih kecil yaitu 1,16. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastikviskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

4.3 Pengangkatan *Cutting* Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200°F

Kedua sampel akan dilakukan perhitungan pengangkatan *cutting* dengan menggunakan metode CCI (*Cutting Carry Index*), CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan CCA (*Cutting Concentration in Annulus*). Perhitungan tersebut dilakukan pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan pengangkatan *cutting* dapat dilihat pada tabel IV.26 dibawah ini.

Tabel 4. 24 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCl Polymer
(Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5708/4944	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	37,48	derajat
Densitas Lumpur	10	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	33	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	21	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,69	fraksi
K (<i>Power law</i> Constant)	0,74	fraksi
Kcci	377,771	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,735452	%
RPM	63	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	41,08	ft/hr
Laju Alir Pompa	577,36	gpm

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan *cutting* trayek 12-1/4" untuk lumpur drispac pada temperatur 200°F dapat ditunjukkan pada tabel 4.25 dibawah ini.

Tabel 4. 25 Data Perhitungan Pengangkatan Cutting Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5708/4944	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	37,48	derajat
Densitas Lumpur	9.9	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	35	cp
Yield Point Lumpur	24	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,67	fraksi
K (Power law Constant)	0,89	fraksi
Kcci	456,375	cp
Densitas Cutting	18,4093	ppg
Diameter Cutting	0,1	inch
Cconc	0,735452	%
RPM	63	rpm
ROP (Rate of Penetration)	41,08	ft/hr
Laju Alir Pompa	577,36	gpm

Dari tabel 4.24 dan tabel 4.25 selanjutnya dilakukan perhitungan V_{ann} , V_{crit} , dan Annular Viskositas untuk menentukan nilai CTR (Cutting Transport Ratio). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.26 dibawah ini.

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
Float Sub	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
X/O Sub	9,50	3,941573	7,215457	265,911980	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
NMDC	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
NMDC	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar
UP/UPU	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar
NMDC	8,06	2,770369	5,785589	338,493427	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	5,928131	329,790699	Laminar
DC	8,00	2,739350	5,742606	341,194255	Laminar

Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4”

Pada Temperatur 200 °F (lanjutan)

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
X/O Sub	7,94	2,709243	5,700538	343,872927	Laminar
Drilling Jar	6,50	2,186716	4,900685	402,230778	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar
DP*(OH)	5	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar
DP*(CH)	5	1,885100	4,339684	452,880453	Laminar

Hasil perhitungan Vann, Vcrit, Annular viskositas dan jenis aliran dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.28 dibawah ini.

Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Vann, Annular Viskositas, Vcrit, dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	OD, inchi	Vann, ft/s	Vcrit, ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
Float Sub	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
X/O Sub	9,50	3,941573	7,826445	316,323437	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
NMDC	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
NMDC	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
UP/UPU	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
NMDC	8,06	2,770369	6,324561	407,715351	Laminar
Stabilizer	8,25	2,875065	6,474824	396,698897	Laminar
DC	8,00	2,739350	6,279225	411,137221	Laminar
X/O Sub	7,94	2,709243	6,234842	414,532401	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
Drilling Jar	6,50	2,186716	5,388671	488,823254	Laminar
HWDP	5,00	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
DP*(OH)	5	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar
DP*(CH)	5	1,885100	4,792307	553,758543	Laminar

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai V_{ann} dari sampel lumpur starch dan dari sampel lumpur drispac bernilai sama. Persamaan nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur dikarenakan laju alir pompa dan ukuran diameter annulus dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) yang digunakan pada penelitian ini adalah sama. Nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur berkisar 1,885100 ft/s sampai dengan 3,941573 ft/s. Laju alir pompa berbanding lurus dengan nilai V_{ann} sehingga semakin besar nilai laju alir pompa maka nilai V_{ann} semakin besar. Diameter annulus pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) berbanding terbalik dengan nilai V_{ann} sehingga semakin kecil diameter tersebut maka nilai V_{ann} semakin besar.

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai V_{crit} dari kedua sampel lumpur bernilai

berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law*, indeks kelakuan aliran dan densitas lumpur berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai V_{crit} . Dari sampel lumpur starch nilai V_{crit} berkisar 4,339684 ft/s sampai dengan 7,215457 ft/s sedangkan dari sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 4,792307 ft/s sampai dengan 7,826445 ft/s. Nilai V_{crit} pada sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch dikarenakan nilai konstanta *power law* yang dihasilkan dari sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 0,89 sedangkan pada sampel lumpur starch sebesar 0,74. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi oleh plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran. Nilai plastik viskositas dan *yield* berbanding lurus dengan nilai konstanta *power law* sedangkan indeks kelakuan aliran berbanding terbalik dengan nilai konstanta *power law* sehingga dengan meningkatnya nilai plastic viskositas dan *yield point* serta dengan menurunnya indeks kelakuan aliran maka nilai konstanta *power law* semakin besar dan sebaliknya. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari sampel lumpur starch nilai indeks kelakuan aliran lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac yaitu sebesar 0,69 dan sampel lumpur drispac nilai indeks kelakuan aliran sebesar 0,67. Pernyataan mengenai nilai plastik viskositas dan *yield point* terhadap nilai konstanta *power law* dapat dilihat bahwa nilai sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch yaitu pada plastik viskositas sebesar 35 cp dan *yield point* sebesar 24 lbs/100 sqft sedangkan sampel lumpur *natural polymer* starch nilai yaitu pada plastik viskositas sebesar 33 cp dan *YP* sebesar 21 lbs/100sqft.

Pada tabel 4.26 sampai tabel 4.28 menunjukkan nilai annular viskositas dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai annular viscosity. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch berkisar 265,911980 cp sampai dengan 452,880453 cp sedangkan nilai annular viskositas dari sampel lumpur drispac berkisar 316,323437 cp sampai dengan 553,758543 cp. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai sampel lumpur starch nilai konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran lebih kecil dibandingkan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi viskositas annular adalah plastik viskositas dan *yield point*, semakin besar nilai plastik viskositas dan *yield point* maka nilai viskositas annular semakin tinggi.

Dari nilai V_{ann} dan V_{crit} yang ditunjukkan pada tabel 4.29 dan tabel 4.30 pola aliran yang dihasilkan dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah pola aliran laminar. Pola aliran laminar terbentuk dikarenakan nilai V_{ann} yang rendah dibandingkan dengan nilai V_{crit} . Nilai plastik viskositas, *yield point*, dan densitas berpengaruh terhadap perhitungan V_{crit} sedangkan nilai laju alir pompa dan diameter annulus berpengaruh terhadap perhitungan V_{ann} .

Dari tabel 4.26 sampai tabel 4.28 selanjutnya akan dilakukan perhitungan N_{re} partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat dilihat pada tabel IV.28 dibawah ini

Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
Mud Motor	0,091420	0,026207	0,054190
Float Sub	0,091420	0,026207	0,054190
X/O Sub	0,091420	0,026207	0,054190
Stabilizer	0,059435	0,021131	0,043694
NMDC	0,059435	0,021131	0,043694
NMDC	0,055528	0,020425	0,042233
UP/UPU	0,055528	0,020425	0,042233

Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip Koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
NMDC	0,056418	0,020588	0,042570
Stabilizer	0,059435	0,021131	0,043694
DC	0,055528	0,020425	0,042233
X/O Sub	0,054667	0,020266	0,041904
HWDP	0,031517	0,015388	0,031818
Drilling Jar	0,039955	0,017325	0,035825
HWDP	0,031517	0,015388	0,031818
DP*(OH)	0,031517	0,015388	0,031818
DP*(CH)	0,031517	0,015388	0,031818

Hasil perhitungan $N_{re \text{ partikel}}$, V_{slip} , dan $V_{slip \text{ koreksi}}$ terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* drispac dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,064718	0,022293	0,045741
Float Sub	0,064718	0,022293	0,045741
X/O Sub	0,064718	0,022293	0,045741
Stabilizer	0,041150	0,017776	0,036473
NMDC	0,041150	0,017776	0,036473
NMDC	0,038310	0,017152	0,035192
UP/UPU	0,038310	0,017152	0,035192
NMDC	0,038956	0,017296	0,035488
Stabilizer	0,041150	0,017776	0,036473
DC	0,038310	0,017152	0,035192
X/O Sub	0,037685	0,017011	0,034904
HWDP	0,021118	0,012734	0,026129
Drilling Jar	0,027101	0,014426	0,029600
HWDP	0,021118	0,012734	0,026129
DP*(OH)	0,021118	0,012734	0,026129
DP*(CH)	0,021118	0,012734	0,026129

Pada tabel 4.30 dan tabel 4.31 menunjukkan bahwa nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch berkisar 0,031517 sampai dengan 0,091420 sedangkan nilai N_{re} partikel sampel lumpur drispac berkisar 0,021118 sampai dengan 0,064718. Nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai annular viskositas sampel lumpur starch lebih rendah dibandingkan sampel lumpur drispac. Annular viskositas, V_{slip} , densitas lumpur, dan diameter *cutting* merupakan faktor yang berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, diameter annulus, dan V_{ann} . Diameter annulus dan V_{ann} tidak berpengaruh karena kedua sampel menggunakan data yang sama. Nilai indeks kelakuan aliran dan konstanta *power law* kedua sampel lumpur berbeda karena nilai plastik viskositas dan *yield point* kedua sampel lumpur berbeda. Annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai N_{re} partikel sehingga semakin tinggi nilai annular viskositas akan menyebabkan nilai N_{re} partikel semakin rendah. Densitas lumpur, V_{slip} , dan diameter *cutting* berbanding lurus terhadap nilai N_{re} partikel.

Pada tabel 4.30 dan tabel 4.31 nilai V_{slip} sampel lumpur starch berkisar 0,015388 ft/s sampai dengan 0,026207 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac nilai V_{slip} berkisar 0,012734 ft/s sampai dengan 0,022293 ft/s. nilai V_{slip} lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan annular viskositas sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan dengan sampel lumpur drispac serta nilai densitas lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan annular viskositas. Diameter *cutting* dan densitas *cutting* tidak berpengaruh dalam perhitungan pada penelitian ini dikarenakan kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Nilai densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} sedangkan nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai V_{slip} . Meningkatnya nilai annular viskositas dapat mengurangi V_{slip} dikarenakan semakin kental lumpur di annulus dapat mengurangi kecepatan antara lumpur dan *cutting* didalam annulus sehingga nilai V_{slip} yang dihasilkan kecil. Pada trayek ini sumur berinklinasi kurang dari 45 derajat sehingga harus dilakukan pengkoreksian V_{slip} terhadap sudut inklinasi sumur tersebut. Nilai sampel lumpur

starch $V_{\text{slip koreksi}}$ berkisar 0,031818 ft/s sampai dengan 0,054190 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac $V_{\text{slip koreksi}}$ berkisar 0,026129 ft/s sampai dengan 0,045741 ft/s. Nilai $V_{\text{slip koreksi}}$ sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai densitas lumpur dan nilai V_{slip} sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan sampel lumpur drispac. Nilai V_{slip} dan densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$. Faktor lainnya peningkatan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$ adalah sudut inklinasi dan RPM namun pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan karena kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Sudut inklinasi dan RPM berbanding lurus dengan nilai $V_{\text{slip koreksi}}$.

Dari hasil perhitungan V_{ann} dan $V_{\text{slip koreksi}}$, dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*), Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* seperti CTR (*Cutting Transport Ratio* pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.32 dibawah ini.

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	98,625171
Float Sub	98,625171
X/O Sub	98,625171
Stabilizer	98,480257
NMDC	98,480257
NMDC	98,458275
UP/UPU	98,458275
NMDC	98,463373
Stabilizer	98,480257
DC	98,458275
X/O Sub	98,453285
HWDP	98,312133
Drilling Jar	98,361718
HWDP	98,312133

Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 200 °F (Lanjutan)

BHA	CTR, %
DP*(OH)	98,312133
DP*(CH)	98,312133

Hasil perhitungan pengangkatan *cutting* CCI (*Cutting Carry Index*), CTR (*Cutting Transport Ratio*), dan CCA (*Cutting Concentration in Annulus*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 200°F dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.34 dibawah ini.

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 200 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	98,839525
Float Sub	98,839525
X/O Sub	98,839525
Stabilizer	98,731391
NMDC	98,731391
NMDC	98,715298
UP/UPU	98,715298
NMDC	98,719021
Stabilizer	98,731391
DC	98,715298
X/O Sub	98,711661
HWDP	98,613941
Drilling Jar	98,646394
HWDP	98,613941
DP*(OH)	98,613941
DP*(CH)	98,613941

Pada perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4” dengan temperatur 200°F kedua sampel lumpur menggunakan sampel yang setelah di *treatment* tambahan dengan penambahan bahan aditif seperti bentonite, starch, drispac, dan barite. Pada tabel 4.32 sampai tabel IV.34 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur starch berkisar 98,312133 % sampai dengan 98,625171 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur drispac berkisar 98,613941 % sampai dengan 98,839525 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah V_{slip} koreksi yang bernilai kecil dan nilai V_{ann} . V_{slip} koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan V_{ann} . Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur drispac nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 0,89 dan sampel lumpur starch lebih kecil yaitu 0,74. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai *Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

4.4 Pengangkatan *Cutting* Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Pengangkatan *cutting* trayek 12-1/4” pada temperatur 250°F akan dilakukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yang terdiri dari CTR (*Cutting Transport Ratio*) Data yang dibutuhkan untuk perhitungan kmetode pengangkatan *cutting* lumpur starch tersebut dapat dilihat pada tabel 4.35

Tabel 4. 35 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCL Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5694/6630	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	39,26	derajat
Densitas Lumpur	10,7	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	35	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	25	lbs/100sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,66	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	0,96	fraksi
Kcci	490,846	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,266238	%
RPM	70	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	14,69	ft/hr
Laju Alir Pompa	815	gpm

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan ketiga metode pengangkatan *cutting* lumpur yang drispac tersebut dapat dilihat pada tabel 4.36 dibawah ini

Tabel 4. 36 Data Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250°F

Nama Data	Nilai	Satuan
Kedalaman Sumur (MD/TVD)	5694/6630	ft
Lubang Sumur	12,25	inch
Inklinasi Sumur	39,26	derajat
Densitas Lumpur	10,65	ppg
Plastik Viskositas Lumpur	38	cp
<i>Yield Point</i> Lumpur	29	lbs/100 sqft
n (Flow Behaviour Index)	0,65	fraksi
K (<i>Power law Constant</i>)	1,18	fraksi
Kcci	601,143	cp
Densitas <i>Cutting</i>	18,4093	ppg
Diameter <i>Cutting</i>	0,1	inch
Cconc	0,266238	%
RPM	70	rpm
ROP (<i>Rate of Penetration</i>)	14,69	ft/hr
Laju Alir Pompa	815	gpm

Dari tabel 4.35 dan tabel 4.36 selanjutnya dilakukan perhitungan V_{ann} , V_{crit} , dan Annular Viskositas untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.37.

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,500	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
Float Sub	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
Stabilizer	8,25	4,058435	6,230697	378,942538	Laminar
NMDC Short	8,25	4,058435	6,230697	378,942538	Laminar
NM MWD Sub Stop	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
On Track MWD	11,75	27,732639	17,472126	98,384115	Turbulen
BCPM	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
MWD Sub Stop	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
X/O Sub	9,50	5,563915	7,502865	300,297485	Laminar
NMDC	8,00	3,866860	6,046180	393,119171	Laminar
DC	8,00	3,866860	6,046180	393,119171	Laminar
X/O Sub	7,94	3,822617	6,002570	396,593251	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
Drilling Jar	6,50	3,086763	5,204568	469,620596	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
DP*(OH)	5	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar
DP*(CH)	5	2,661003	4,639445	533,824780	Laminar

Hasil perhitungan V_{ann} , V_{crit} , annular viskositas dan jenis aliran dari sampel lumpur yang drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.38 dibawah ini.

Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
Mud Motor	9,500	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
Float Sub	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
Stabilizer	8,25	4,058435	6,865944	459,861414	Laminar
NMDC Short	8,25	4,058435	6,865944	459,861414	Laminar
NM MWD Sub Stop	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
On Track MWD	11,75	27,732639	18,608465	112,523867	Turbulen
BCPM	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar

Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan V_{ann} , Annular Viskositas, V_{crit} , dan Jenis Aliran Sampel Lumpur KCL Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F (Lanjutan)

BHA	OD, inchi	V_{ann} , ft/s	V_{crit} , ft/s	Annular Viskositas, cp	Jenis Aliran
MWD Sub Stop	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
X/O Sub	9,50	5,563915	8,217205	360,716757	Laminar
NMDC	8,00	3,866860	6,669237	477,835851	Laminar
DC	8,00	3,866860	6,669237	477,835851	Laminar
X/O Sub	7,94	3,822617	6,622717	482,244995	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
Drilling Jar	6,50	3,086763	5,769405	575,300684	Laminar
HWDP	5,00	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
DP*(OH)	5	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar
DP*(CH)*	5	2,661003	5,162524	657,645524	Laminar

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai V_{ann} dari sampel lumpur starch dan dari sampel lumpur drispac bernilai sama. Persamaan nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur dikarenakan laju alir pompa dan ukuran diameter annulus dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) yang digunakan pada penelitian ini adalah sama. Nilai V_{ann} dari kedua sampel lumpur berkisar 2,661003 ft/s sampai dengan 27,732639 ft/s. Laju alir pompa berbanding lurus dengan nilai V_{ann} sehingga semakin besar nilai laju alir pompa maka nilai V_{ann} semakin besar. Diameter annulus pada masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) berbanding terbalik dengan nilai V_{ann} sehingga semakin kecil diameter tersebut maka nilai V_{ann} semakin besar.

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai V_{crit} dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law*, indeks kelakuan aliran dan densitas lumpur berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai V_{crit} . Dari sampel lumpur yang starch nilai V_{crit} berkisar 4,639445 ft/s sampai dengan 17,472126 ft/s sedangkan dari sampel lumpur drispac nilai V_{crit} berkisar 5,162524 ft/s sampai dengan 18,608465 ft/s. Nilai V_{crit} pada sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan sampel lumpur starch dikarenakan nilai konstanta *power law* yang dihasilkan dari sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 1,18 sedangkan pada sampel lumpur starch sebesar 0,96. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi oleh plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran. Nilai plastik viskositas dan *yield* berbanding lurus dengan nilai konstanta *power law* sedangkan indeks kelakuan aliran berbanding terbalik dengan nilai konstanta *power law* sehingga dengan meningkatnya nilai plastik viskositas dan *yield point* serta dengan menurunnya indeks kelakuan aliran maka nilai konstanta *power law* semakin besar dan sebaliknya. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari sampel lumpur starch nilai indeks kelakuan aliran lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac yaitu sebesar 0,66 dan sampel lumpur drispac nilai indeks kelakuan aliran sebesar 0,65. Pernyataan mengenai nilai plastik viskositas dan *yield point* terhadap nilai konstanta *power law* dapat dilihat bahwa nilai sampel lumpur drispac lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch yaitu pada plastik viskositas sebesar 38 cp dan *yield point* sebesar 29 lbs/100 sqft sedangkan sampel lumpur starch nilai yaitu pada plastik viskositas sebesar 35 cp dan *yield point* sebesar 25 lbs/100sqft.

Pada tabel 4.37 sampai tabel 4.39 menunjukkan nilai annular viskositas dari kedua sampel lumpur bernilai berbeda dikarenakan nilai dari konstanta *power law* dan indeks kelakuan aliran

berbeda, nilai tersebut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai annular viscosity. Nilai annular viskositas dari sampel lumpur starch berkisar 98,384115 cp sampai dengan 533,824780 cp sedangkan nilai annular viskositas dari sampel lumpur yang drispac berkisar 112,523867 cp sampai dengan 657,645524 cp. Peningkatan viskositas annular menunjukkan sampel lumpur tersebut viscous. Faktor yang mempengaruhi viskositas annular adalah plastik viskositas dan *yield point*, semakin besar nilai plastik viskositas dan *yield point* maka nilai viskositas annular semakin tinggi.

Dari nilai Vann dan Vcrit yang ditunjukkan pada 4.37 sampai tabel 4.39 pola aliran yang dihasilkan dari masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) adalah pola aliran laminar namun pada BHA (*Bottom Hole Assembly*) on track MWD pola aliran turbulen. Pola aliran laminar terbentuk dikarenakan nilai Vann yang rendah dibandingkan dengan nilai Vcrit dan sebaliknya. Nilai plastik viskositas, *yield point*, dan densitas berpengaruh terhadap perhitungan Vcrit sedangkan nilai laju alir pompa dan diameter annulus berpengaruh terhadap perhitungan Vann.

Dari tabel 4.37 sampai tabel 4.39 selanjutnya akan dilakukan perhitungan Nre partikel, Vslip, dan Vslip koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) untuk menentukan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan tersebut dari sampel lumpur yang mengandung starch dapat dilihat pada tabel 4.40 dibawah ini

Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Nre Partikel, Vslip, dan Vslip koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	Nre Partikel	Vslip, ft/s	Vslip koreksi, ft/s
Mud Motor	0,070316	0,021275	0,047113
Float Sub	0,070316	0,021275	0,047113
Stabilizer	0,044158	0,016859	0,037335
NMDC Short	0,044158	0,016859	0,037335
NM MWD Sub Stop	0,070316	0,021275	0,047113
On Track MWD	1,277624	0,064936	0,280454
BCPM	0,070316	0,021275	0,047113
MWD Sub Stop	0,070316	0,021275	0,047113
X/O Sub	0,070316	0,021275	0,047113
NMDC	0,041031	0,016251	0,035989
DC	0,041031	0,016251	0,035989
X/O Sub	0,040315	0,016109	0,035673
HWDP	0,022252	0,011968	0,026503
Drilling Jar	0,028752	0,013604	0,030126
HWDP	0,022252	0,011968	0,026503
DP*(OH)	0,022252	0,011968	0,026503
DP*(CH)	0,022252	0,011968	0,026503

Hasil perhitungan Nre partikel, Vslip, dan Vslip koreksi terhadap masing-masing BHA (*Bottom Hole Assembly*) dari sampel lumpur drispac dapat dilihat pada tabel 4.41

Tabel 4. 41 Hasil Perhitungan N_{re} Partikel, V_{slip} , dan V_{slip} koreksi Sampel Lumpur KCl Polymer (Drispac) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
Mud Motor	0,048820	0,017826	0,039332
Float Sub	0,048820	0,017826	0,039332
Stabilizer	0,030038	0,013983	0,030852
BHA	N_{re} Partikel	V_{slip} , ft/s	V_{slip} koreksi, ft/s
NMDC Short	0,030038	0,013983	0,030852
NM MWD Sub Stop	0,048820	0,017826	0,039332
On Track MWD	1,120694	0,057145	0,281652
BCPM	0,048820	0,017826	0,039332
MWD Sub Stop	0,048820	0,017826	0,039332
X/O Sub	0,048820	0,017826	0,039332
NMDC	0,027821	0,013457	0,029691
DC	0,027821	0,013457	0,029691
X/O Sub	0,027315	0,013334	0,029420
HWDP	0,014687	0,009778	0,021573
Drilling Jar	0,019193	0,011177	0,024661
HWDP	0,014687	0,009778	0,021573
DP*(OH)	0,014687	0,009778	0,021573
DP*(CH)*	0,014687	0,009778	0,021573

Pada tabel 4.40 dan tabel 4.41 menunjukkan bahwa nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch berkisar 0,022252 sampai dengan 1,277624 sedangkan nilai N_{re} partikel sampel lumpur drispac berkisar 0,014687 sampai dengan 1,120694. Nilai N_{re} partikel sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai annular viskositas sampel lumpur starch lebih rendah dibandingkan sampel lumpur drispac. Annular viskositas, V_{slip} , densitas lumpur, dan diameter *cutting* merupakan faktor yang berpengaruh dalam perhitungan N_{re} partikel. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, diameter annulus, dan V_{ann} . Diameter annulus dan V_{ann} tidak berpengaruh karena kedua sampel menggunakan data yang sama. Nilai indeks kelakuan aliran dan konstanta *power law* kedua sampel lumpur berbeda karena nilai plastik viskositas dan *yield point* kedua sampel lumpur berbeda. Annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai N_{re} partikel sehingga semakin tinggi nilai annular viskositas akan menyebabkan nilai N_{re} partikel semakin rendah. Densitas lumpur, V_{slip} , dan diameter *cutting* berbanding lurus terhadap nilai N_{re} partikel.

Pada tabel 4.40 dan tabel 4.41 nilai V_{slip} sampel lumpur starch berkisar 0,011968 ft/s sampai dengan 0,064936 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac nilai V_{slip} berkisar 0,009778 ft/s sampai dengan 0,057145 ft/s. nilai V_{slip} lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan annular viskositas sampel lumpur starch lebih kecil dibandingkan dengan sampel lumpur drispac serta nilai densitas lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac. Faktor yang mempengaruhi nilai V_{slip} adalah diameter *cutting*, densitas *cutting*, densitas lumpur, dan annular viskositas. Diameter *cutting* dan densitas *cutting* tidak berpengaruh dalam perhitungan pada penelitian ini dikarenakan kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Nilai densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} sedangkan nilai annular viskositas berbanding terbalik dengan nilai V_{slip} . Meningkatnya nilai annular viskositas dapat mengurangi V_{slip} dikarenakan semakin kental

lumpur di annulus dapat mengurangi kecepatan antara lumpur dan *cutting* didalam annulus sehingga nilai V_{slip} yang dihasilkan kecil.

Pada trayek ini sumur berinklinasi kurang dari 45 derajat sehingga harus dilakukan pengkoreksian V_{slip} terhadap sudut inklinasi sumur tersebut. Nilai sampel lumpur starch V_{slip} koreksi berkisar 0,026503 ft/s sampai dengan 0,280454 ft/s sedangkan sampel lumpur drispac V_{slip} koreksi berkisar 0,021573 ft/s sampai dengan 0,281652 ft/s. Nilai V_{slip} koreksi sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur drispac dikarenakan nilai densitas lumpur dan nilai V_{slip} sampel lumpur starch lebih besar dibandingkan sampel lumpur drispac. Nilai V_{slip} dan densitas lumpur berbanding lurus dengan nilai V_{slip} koreksi. Faktor lainnya peningkatan nilai V_{slip} koreksi adalah sudut inklinasi dan RPM namun pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan karena kedua sampel lumpur menggunakan data yang sama. Sudut inklinasi dan RPM berbanding lurus dengan nilai V_{slip} koreksi.

Dari hasil perhitungan V_{ann} dan V_{slip} koreksi, dapat menentukan perhitungan metode pengangkatan *cutting* yaitu CTR (*Cutting Transport Ratio*). Hasil perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 250°F dari sampel lumpur starch dapat ditunjukkan pada tabel 4.42 dibawah ini.

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4" Pada Temperatur 250 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	99,153243
Float Sub	99,153243
Stabilizer	99,080061
NMDC Short	99,080061
NM MWD Sub Stop	99,153243
On Track MWD	98,988721
BCPM	99,153243
MWD Sub Stop	99,153243
X/O Sub	99,153243
NMDC	99,069303
DC	99,069303
X/O Sub	99,066778
HWDP	99,004028
Drilling Jar	99,024021
HWDP	99,004028
DP*(OH)	99,004028
DP*(CH)	99,004028

Hasil perhitungan (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4" dengan temperatur 250°F dari sampel lumpur drispac dapat ditunjukkan pada tabel 4.43 dibawah ini.

Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Pengangkatan *Cutting* Sampel Lumpur KCl Polymer (Starch) Trayek 12-1/4” Pada Temperatur 250 °F

BHA	CTR, %
Mud Motor	99,293090
Float Sub	99,293090
Stabilizer	99,239805
NMDC Short	99,239805
NM MWD Sub Stop	99,293090
BHA	CTR, %
On Track MWD	98,984404
BCPM	99,293090
MWD Sub Stop	99,293090
X/O Sub	99,293090
NMDC	99,232155
DC	99,232155
X/O Sub	99,230370
HWDP	99,189275
Drilling Jar	99,201063
HWDP	99,189275
DP*(OH)	99,189275
DP*(CH)	99,189275

Pada perhitungan CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada trayek 12-1/4” dengan temperatur 250°F kedua sampel lumpur menggunakan sampel yang setelah di *treatment* tambahan dengan penambahan bahan aditif seperti bentonite, starch, drispac, dan barite. Pada tabel IV.38 dan tabel IV.39 menunjukkan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur starch berkisar 98,988721 % sampai dengan 99,153243 %. Nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) pada sampel lumpur drispac berkisar 98,984404 % sampai dengan 99,293090 %. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) adalah V_{slip} koreksi yang bernilai kecil dan nilai $V_{ann} \cdot V_{slip}$ koreksi yang bernilai kecil didapatkan dari nilai annular viskositas yang bernilai besar, hal tersebut dikarenakan apabila lumpur yang didalam annulus semakin kental maka dapat meningkatkan kecepatan pengangkatan *cutting*. Faktor yang mempengaruhi nilai annular viskositas adalah nilai indeks kelakuan aliran, konstanta *power law*, ukuran lubang annulus, dan V_{ann} . Nilai indeks kelakuan aliran yang kecil dan besarnya konstanta *power law* dapat menyebabkan meningkatnya nilai annular viskositas sehingga dapat meningkat nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*). Sampel lumpur drispac nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih besar dibandingkan dengan sampel lumpur starch, hal tersebut dikarenakan nilai konstanta *power law* sampel lumpur drispac lebih besar yaitu 1,18 dan sampel lumpur yang mengandung *natural polymer* starch lebih kecil yaitu 0,96. Nilai konstanta *power law* dipengaruhi dari nilai plastik viskositas, *yield point*, dan indeks kelakuan aliran dari sampel lumpur. Pada kedua lumpur tersebut sudah mampu mengangkat *cutting* keatas permukaan dengan optimal dikarenakan nilai CTR (*Cutting Transport Ratio*) lebih dari 90 %.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab 5 akan dijelaskan mengenai kesimpulan serta dari penelitian Analisa Cutting Transport Pada lumpur Natural Polymer Pada Temperatur Rendah

1. Berdasarkan pengukuran densitas, pada temperatur 150°F densitas sampel lumpur starch sebesar 9,1 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 9 ppg sehingga tidak diperlukan penambahan bahan dikarenakan sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 200°F densitas sampel lumpur starch sebesar 8,9 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 8,85 ppg sehingga diperlukan penambahan bahan 60gram barite pada masing-masing sampel lumpur dikarenakan tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 250°F densitas sampel lumpur starch sebesar 8,7 ppg dan densitas sampel lumpur drispac sebesar 8,65 ppg sehingga diperlukan penambahan 120gram barite pada masing-masing sampel lumpur dikarenakan tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Hasil penambahan barite pada masing-masing lumpur meningkatkan densitas sebesar 9,9 ppg sampai dengan 10,7 ppg.
2. Pada hasil pengukuran viskositas, nilai viskositas sampel lumpur starch pada temperatur 150°F sebesar 18,11 sec/quartz dan nilai viskositas sampel lumpur drispac sebesar 19,03 sec/quartz sehingga sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch nilai viskositas sebesar 15,27 sec/quartz dan sampel lumpur drispac nilai viskositas sebesar 17,08 sec/quartz sehingga tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur maka ditambahkan 12gram bentonite dan 15gram starch pada sampel lumpur starch dan ditambahkan 8gram bentonite dan 1gram drispac pada sampel lumpur drispac. Pada temperatur 250°F sampel lumpur starch nilai viskositas sebesar 11,07 sec/quartz dan sampel lumpur drispac nilai viskositas sebesar 15,39 sec/quartz sehingga tidak sesuai dengan standar spesifikasi lumpur maka ditambahkan 18gram bentonite dan 20gram starch pada sampel lumpur natural polymer starch dan ditambahkan 8gram bentonite dan 1,5gram drispac pada sampel lumpur natural polymer drispac. Penambahan bentonite, starch, dan drispac meningkatkan viskositas sebesar 32,27 sec/quartz sampai dengan 39,22 sec/quartz.
3. Nilai plastik viskositas pada temperatur 150°F dari sampel lumpur starch sebesar 16 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 18 cp. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch sebesar 11 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 15 cp. Pada temperatur 250°F sampel lumpur starch sebesar 6 cp dan sampel lumpur drispac sebesar 11 cp. Plastik viskositas meningkat dengan tambahan bahan bentonite, starch, dan drispac menjadi 33 cp sampai dengan 38 cp.
4. Pada pengukuran yield point pada temperatur 150°F dari sampel lumpur starch sebesar 19 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 20 lbs/100sqft. Pada temperatur 200°F sampel lumpur starch sebesar 13 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 17 lbs/100sqft. Pada temperatur 250 °F sampel lumpur starch sebesar 9 lbs/100sqft dan sampel lumpur drispac sebesar 13 lbs/100sqft. Yield point meningkat dengan tambahan bahan bentonite, starch, dan drispac menjadi 21 lbs/100sqft sampai dengan 29 lbs/100sqft.
5. Nilai gel strength dan filtration loss dari kedua sampel lumpur sudah sesuai dengan standar spesifikasi lumpur namun pada nilai gels strength 10 detik dari sampel lumpur natural polymer starch pada temperatur 250 oF tidak memenuhi standar spesifikasi lumpur. Nilai gels strength 10 detik dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 3 lbs/100sqft sampai dengan 7 lbs/100sqft. Nilai gels strength 10 menit dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 10 lbs/100sqft sampai dengan 13 lbs/100sqft. Nilai filtration loss dari kedua sampel lumpur terhadap berbagai temperatur berkisar 6,2 ml sampai dengan 9,6 ml.
6. Berdasarkan uji sampel kedua lumpur terhadap proses pengangkatan cutting pada metode CTR (Cutting Transport Ratio) pada temperatur 150°F dari sampel lumpur natural polymer starch berkisar 99,141459 % sampai dengan 99,332673 % sedangkan sampel lumpur natural polymer drispac berkisar

99,109950 % sampai dengan 99,315005 %, pada temperatur 200oF dari sampel lumpur starch berkisar 98,312133 % sampai dengan 98,625171 % sedangkan sampel lumpur natural polymer drispac berkisar 98,613941 % sampai dengan 98,839525 %.

7. Penggunaan natural polymer starch dan natural polymer drispac pada lumpur KCL Polymer sudah mampu mengangkat cutting keatas permukaan dengan optimal, dengan dibuktikan nilai nilai CTR (Cutting Transport Ratio) lebih dari 90%.

Saran

Akan dilakukan test pengangkatan cutting dengan menggunakan (CCI) Cutting Carry Index dan CCA (Cutting Concentration in Annulus) pada penelitian selanjutnya. Dari dua metode tersebut akan diuji proses pengangkatan cutting pada proses di permukaan dan pula di bagian konsentrasi di annulus.

DAFTAR PUSTAKA

Mulai isi Daftar Pustaka di sini menggunakan system APA (nama belakang, tahun)..... Pustaka 10 tahun terakhir, minimal 15 pustaka primer, dilengkapi DOI-bila ada, dihimbau melakukan sitasi pada paper yang telah dipublikasikan pada www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id). Sitasi dari karya ilmiah yang ditulis oleh penulis usakti dimaksudkan untuk meningkatkan webometric, pemeringkatan kinerja penelitian, akreditasi prodi/AIPT...

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN <Ridha Husla ST.,MT>



PETA JALAN PENELITIAN <APRIANDI RIZKINA RANGGA WASTU ST.,MT>



ANALISA KARAKTERISTIK BATUAN RESERVOIR FORMASI NGRAYONG

Menganalisa sifat fisik dan kimia air injeksi pada lapangan wonocolo

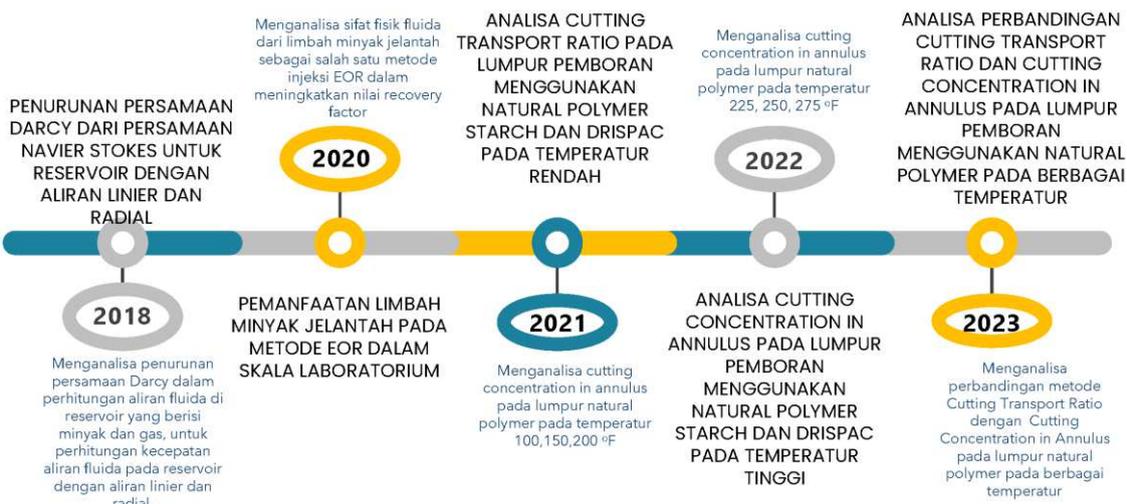
PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN LUMPUR PEMBORAN BERBAHAN DASAR MINYAK YANG RAMAH LINGKUNGAN

Menganalisa cutting concentration in annulus pada lumpur natural polymer pada temperatur 100,150,200 °F

ANALISA CUTTING TRANSPORT RATIO PADA LUMPUR PEMBORAN MENGGUNAKAN NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC PADA TEMPERATUR TINGGI



PETA JALAN PENELITIAN <GHANIMA YASMANIAR 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 : ANALISA DENSITAS LUMPUR NATURAL POLYMER STARCH DAN DRISPAC TERHADAP PROSES PENGANGKATAN CUTTING

No. Pendaftaran : EC00202210505

Tanggal Pendaftaran : 2022-02-11

No. Pencatatan : 000325818

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Gabriella Estevania Angwen
2. Emelia Sari, ST, MT, PhD
3. DR.IR. IVELINE ANNE MARIE, MT
4. Dr. Ir. TRIWULANDARI SD,MM
5. FEBRIANA LESTARI
6. Adriel Yehezkiel

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Analisa Plastik Viskositas Lumpur Polymer Starch Dan Drispac Terhadap Proses Pengangkatan Cutting Dengan Metode Cutting Transport Ratio

No. Pendaftaran : EC00202225506

Tanggal Pendaftaran : 2022-04-16

No. Pencatatan : 000340988

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T
2. RIDHA HUSLA ST MT
3. Ghanima Yasmaniar, ST., MT.
4. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T.
5. Anggi Mayasari, S.T
6. Mario Dio Valentino

LUARAN 3 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Internasional Bereputasi

Nama Jurnal : ASEAN ENGINEERING JOURNAL

ISSN :

EISSN : 2586-9159

Lembaga Pengindek : Universiti Teknologi Malaysia

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

Judul Artikel : ANALYSIS OF MUD DENSITY BY USING CUTTING CAPACITY ANNULUS METHOD

Penulis (Tim Peneliti) :

1. RIDHA HUSLA ST MT (First Author)
2. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (Other Author)
3. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)
4. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Ir. Onnie Ridaliani MT (Other Author)
2. Samsol ST., MT (Other Author)

LUARAN 4 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Accepted

Jenis Publikasi Jurnal : Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : JURNAL PETRO

ISSN : 1907-0438

EISSN : 2614-7297

Lembaga Pengindek : Universiti Trisakti

Url Jurnal : <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/petro>

Judul Artikel : Analisa Densitas Lumpur Starch dan Drispac Terhadap Proses Pengangkatan Cutting Dengan Menggunakan Metode Cutting Transport Ratio

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (First Author)
2. RIDHA HUSLA ST MT (Other Author)
3. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (Other Author)
4. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)
5. Mario Dio Valentino (Other Author)

LUARAN 5 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : Engineering International Commitee

Lembaga Penyelenggara : Universitas Negeri Semarang

Tempat Penyelenggaraan : Online

Tanggal Penyelenggaraan : 22/09/2022 - 22/09/2022

Lembaga Pengindek : Universitas Negeri Semarang

Url Website Conference : <http://eic.ft.unnes.ac.id/>

Judul Artikel : Rheology Analysis of Starch and Drispac Mud on Cutting Lifting Process Using Cutting Transport Ratio Method

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Ghanima Yasmaniar, ST., MT. (First Author)
2. Mario Dio Valentino (Other Author)
3. Apriandi Rizkina Rangga Wastu , S.T, M.T (Other Author)
4. RIDHA HUSLA ST MT (Other Author)
5. Prayang Sunny Yulia, S.T., M.T. (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Arinda Ristawati ST.MT (Other Author)

