

**ANALISIS PENGARUH KONTAMINASI VARIASI
KONSENTRASI *OIL BASE MUD* DAN *WATER BASE MUD*
TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *RHEOLOGY* SEMEN
PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MUHAMMAD RAMDANI

NPM 153210168



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Novrianti, S.T., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan, nasehat dan ilmunya selama menjalani bimbingan tugas akhir.
2. Bapak Idham Khalid, S.T., M.T selaku Kepala Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan dan pihak terkait yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data di Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.
3. Ibu Novia Rita, S.T., M.T dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku Ketua dan Sekretaris prodi serta dosen-dosen Teknik Perminyakan yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Ibu Ira Herawati, S.T., M.T dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya selama kegiatan perkuliahan di Teknik Perminyakan UIR.
5. Bapak saya Ahmad Darwis, Ibu saya Almh. Nurmaryitah, Saudara kandung saya Riza Darmita, Triska Darmita, Zhafira Aqila Vania serta Keponakan saya Farzan Hanif Kurniadi dan Faiz Putra Arkana yang memberikan dukungan penuh baik material maupun moral dan selalu menyemangati saya untuk tidak mudah menyerah.
6. Teman-teman saya antara lain Indah Annisa Raufa, Nurul Istiqamah, Auliya Markha, Dian Ulfah, Gery Siregar, Khairul Akmal, Putra Fadilah dan Savira Ahyu Riza.

7. Teman-teman COOP CPI, anggota kelas 15, keseluruhan angkatan 2015 dan senior maupun junior yang pernah membantu saya dalam hal apapun Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 22 Juni 2020

Muhammad Ramdani



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>Filtration Loss</i> Suspensi Semen.....	4
2.2 <i>Rheology</i> Suspensi Semen.....	5
2.3 Lumpur Yang Digunakan.....	6
2.4 Kontaminasi Lumpur	9
2.5 Analisis Regresi dan Korelasi Menggunakan Minitab.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Uraian Metode	13
3.2 Lokasi dan Jadwal Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian	15
3.4.1 Bahan	15
3.4.2 Peralatan	15
3.5 Prosedur Pengujian.....	17
3.5.1 Pembuatan Suspensi Semen.....	17

3.5.2	Pembuatan Lumpur Pemboran	17
2.5.3	Pengujian <i>Rheology</i> Suspensi Semen	18
3.5.4	Pengujian <i>Filtration Loss</i> Suspensi Semen.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		20
4.1	Pengujian <i>Filtration Loss</i> Semen Terkontaminasi Lumpur Pemboran	20
4.2	Pengujian <i>Rheology</i> Semen Terkontaminasi Lumpur Pemboran	23
4.3	Analisis Regresi dan Korelasi Antara Parameter Uji Terhadap Konsentrasi	26
4.3.1	<i>Filtration Loss</i> Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM.....	27
4.3.2	<i>Filtration Loss</i> Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM.....	28
4.3.3	<i>Rheology</i> Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM	30
4.3.4	<i>Rheology</i> Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Timbangan Digital	15
Gambar 3.2 <i>Constant Speed Mixer</i>	15
Gambar 3.3 <i>Stopwatch</i>	16
Gambar 3.4 Gelas Ukur.....	16
Gambar 3.5 LPLT <i>Filter Press Set</i>	16
Gambar 3.6 <i>Fann VG Meter</i>	16
Gambar 4.1 Nilai <i>Filtration Loss</i>	22
Gambar 4.2 Nilai Korelasi Konsentrasi Kontaminasi WBM.....	22
Gambar 4.3 Nilai Korelasi Konsentrasi Kontaminasi OBM.....	23
Gambar 4.4 Nilai <i>Plastic Viscosity</i>	24
Gambar 4.5 Nilai <i>Yield Point</i>	25
Gambar 4.6 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Filtration Loss</i> WBM.....	27
Gambar 4.7 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Filtration Loss</i> WBM.....	27
Gambar 4.8 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Filtration Loss</i> OBM.....	28
Gambar 4.9 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Filtration Loss</i> OBM.....	29
Gambar 4.10 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Plastic Viscosity</i> WBM	30
Gambar 4.11 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Plastic Viscosity</i> WBM	31
Gambar 4.12 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Yield Point</i> WBM.....	32
Gambar 4.13 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Yield Point</i> WBM.....	32
Gambar 4.14 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Plastic Viscosity</i> OBM	33
Gambar 4.15 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Plastic Viscosity</i> OBM	34
Gambar 4.16 <i>Fitted Line Plot</i> Konsentrasi vs <i>Yield Point</i> OBM.....	35
Gambar 4.17 <i>Regretion Analysis</i> Konsentrasi vs <i>Yield Point</i> OBM.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas akhir.....	13
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Filtration Loss</i> Semen Terkontaminasi WBM.....	20
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Filtration Loss</i> Semen Terkontaminasi OBM.....	21
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan <i>Rheology</i> Semen Terkontaminasi WBM.....	23
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Rheology</i> Semen Terkontaminasi OBM.....	23



DAFTAR LAMPIRAN

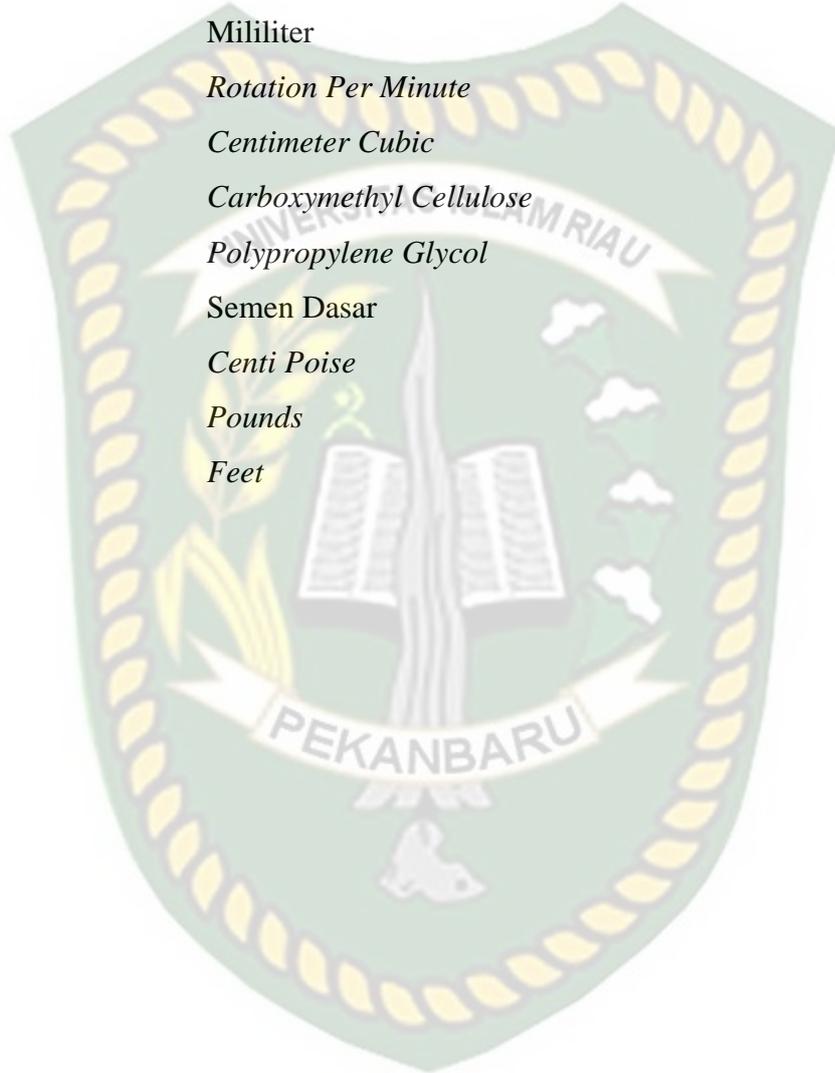
LAMPIRAN I	Perhitungan Pembuatan Suspensi Semen
LAMPIRAN II	Perhitungan Pengujian <i>Filtration Loss</i>
LAMPIRAN III	Perhitungan Pengujian <i>Rheology</i>



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

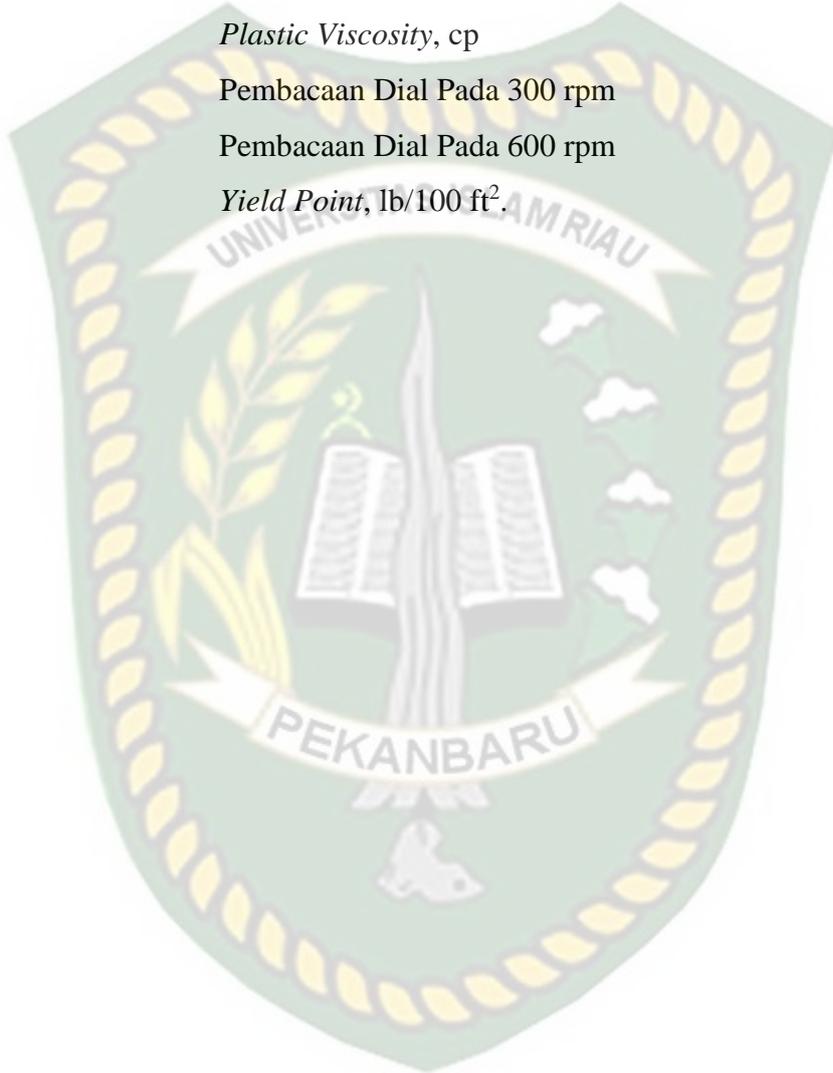
DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>
OBM	<i>Oil Base Mud</i>
WBM	<i>Water Base Mud</i>
BWOC	<i>By Weight on Cement</i>
ml	<i>Mililiter</i>
rpm	<i>Rotation Per Minute</i>
cc	<i>Centimeter Cubic</i>
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
PPG	<i>Polypropylene Glycol</i>
SD	<i>Semen Dasar</i>
cp	<i>Centi Poise</i>
lb	<i>Pounds</i>
ft	<i>Feet</i>



DAFTAR SIMBOL

F ₃₀	Filtrat pada 30 menit, ml
F _t	Filtrat pada t menit, ml
t	Waktu pengukuran, menit
P _h	<i>Hydrostatic Pressure</i> , psi
P _f	<i>Formation Pressure</i> , psi
μ _p	<i>Plastic Viscosity</i> , cp
C ₃₀₀	Pembacaan Dial Pada 300 rpm
C ₆₀₀	Pembacaan Dial Pada 600 rpm
Y _p	<i>Yield Point</i> , lb/100 ft ² .



**ANALISIS PENGARUH KONTAMINASI VARIASI KONSENTRASI OIL
BASE MUD DAN WATER BASE MUD TERHADAP FILTRATION LOSS
DAN RHEOLOGY SEMEN PEMBORAN**

MUHAMMAD RAMDANI

153210168

ABSTRAK

Salah satu penyebab kegagalan penyemenan yaitu adanya kontaminasi semen dengan lumpur. Untuk penyemenan yang efektif, suspensi semen harus sepenuhnya menggantikan lumpur pemboran setelah sirkulasi, namun praktiknya hal itu sulit dicapai dan beberapa lumpur yang digunakan tertinggal di sumur dan mencemari semen setelah penempatan semen dilakukan. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh antara kontaminasi dua jenis lumpur yang berbeda terhadap semen pemboran. Karena lumpur yang digunakan berbeda maka permasalahan kontaminasi lumpur pada semen juga akan menimbulkan pengaruh yang berbeda pula.

Penelitian ini menggunakan metode *experiment research*, Penelitian ini dimulai dari perancangan terhadap komposisi suspensi semen dengan melakukan uji *filtration loss* dan *rheology* pada suspensi semen sebelum terkontaminasi lumpur dan sesudah terkontaminasi dua jenis lumpur pemboran yang digunakan yaitu *water base mud* (WBM) dan *oil base mud* (OBM) dengan variasi konsentrasi kontaminasi masing-masing sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Untuk pengujian *filtration loss* menggunakan alat *filter press* jenis *Low Pressure Low Temperature* (LPLT) *filter press test* dan *rheology* menggunakan alat *Fann VG Meter*. Selanjutnya mengolah data hasil uji laboratorium dan dilakukan analisis data hasil uji laboratorium tersebut untuk mengetahui regresi linier dan korelasi dengan menggunakan *software* minitab.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai *filtration loss* semen dasar yaitu 228 ml, kontaminasi 5% WBM yaitu 221 ml, 10% WBM yaitu 211 ml, 15% WBM yaitu 199 ml, 20% WBM yaitu 192 ml, 25% WBM yaitu 181 ml, 5% OBM yaitu 217 ml, 10% OBM yaitu 206 ml, 15% OBM yaitu 182 ml, 20% OBM yaitu 175 ml, 25% OBM yaitu 164 ml. Dapat dilihat bahwa kecendrungan penurunan lebih besar disebabkan oleh OBM dibandingkan WBM. Sedangkan untuk nilai *plastic viscosity* semen dasar yaitu 10 cp dan *yield point* yaitu 6 lb/100ft². Dimana terjadi penurunan nilai *plastic viscosity* pada kontaminasi 10-20% WBM yaitu 9 cp dan 25% WBM yaitu 8 cp dan penurunan nilai *yield point* pada kontaminasi 15-25% WBM yaitu 5 lb/100ft² dan terjadi kenaikan nilai *plastic viscosity* pada kontaminasi 10-20% OBM yaitu 11 cp dan 25% OBM yaitu 12 cp dan kenaikan nilai *yield point* pada kontaminasi 15-25% OBM yaitu 7 lb/100ft².

Kata Kunci : *Rheology, Filtration Loss, Kontaminasi Lumpur, Minitab*

**ANALYSIS THE EFFECT OF CONCENTRATION VARIATION
CONTAMINATION OF OIL BASE MUD AND WATER BASE MUD
AGAINST FILTRATION LOSS AND RHEOLOGY OF CEMENT DRILLING**

MUHAMMAD RAMDANI

153210168

ABSTRACT

One of the causes of cementing failure is the contamination of cement with mud. For effective cementing, the suspension of cement must completely replace drilling mud after circulation, but in practice this is difficult to achieve and some of the mud used is left in the well and contaminates the cement after the cement placement is carried out. This study is to determine the effect of contamination between two different types of mud on drilling cement. Because the mud used is different, the problem of mud contamination in cement will also cause different effects.

This study uses an experimental research method, This research starts from the design of the composition of the cement suspension by conducting tests filtration loss and rheology in cement suspension before being contaminated with mud and after contaminating two types of drilling mud used, they are water base mud (WBM) and oil base mud (WBM) with variations in the concentration of contamination, each of which are 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. To test the filtration loss using a filter press tool type Low Pressure Low Temperature (LPLT) filter press test and rheology using the Fann VG Meter. next, processing the laboratory test results data and analyzing the data of the laboratory test results to determine linear regression and correlation using Minitab software.

Based on the results of the study obtained the value of the basic cement filtration loss is 228 ml, contamination of 5% WBM is 221 ml, 10% WBM is 211 ml, 15% WBM is 199 ml, 20% WBM is 192 ml, 25% WBM is 181 ml, 5% OBM is 217 ml, 10% OBM is 206 ml, 15% OBM is 182 ml, 20% OBM is 175 ml, 25% OBM is 164 ml. It can be seen that the tendency to decrease is greater due to OBM compared to WBM. Whereas the value of plastic cement viscosity is 10 cp and yield point is 6 lb/100ft². Where there is a decrease in the value of plastic viscosity on contamination of 10-20% WBM which is 9 cp and 25% WBM which is 8 cp and increase in the value of plastic viscosity at 10-20% OBM contamination is 11 cp and 25% OBM is 12 cp and the yield point value at 15-25% OBM contamination is 7 lb/100ft².

Keywords : Rheology, Filtration Loss, Mud Contamination, OBM, WBM

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegagalan dalam penyemenan merupakan kerugian yang sangat besar, baik secara materi maupun efisiensi waktu karena harus memperbaiki *bonding* semen. Kegagalan penyemenan bisa disebabkan salah satunya oleh mekanisme pendorongan suspensi semen kurang baik yang berdampak terhadap annulus yang tidak terisi penuh dengan suspensi semen dan bisa juga disebabkan oleh kurang tepatnya dalam penelitian suspensi semen yang dilakukan di laboratorium (Martha et al., 2015). Dampak lainnya dalam pelaksanaan penyemenan yang kurang sempurna juga akan menyebabkan terbentuknya *channeling* pada suspensi semen, timbulnya produksi atau gas yang tidak diharapkan, serta korosi pada pipa (Huda et al., 2018) dan menyebabkan kerusakan pada formasi produktif, *lost circulation* pada lumpur, laju produksi yang menurun dan lainnya (Agam et al., 2015).

Penyebab kegagalan lainnya yaitu saat terjadinya kontaminasi semen dengan lumpur. Kontaminasi lumpur merupakan masalah umum selama penyemenan primer karena mencegah pengerasan. Untuk penyemenan yang efektif, suspensi semen harus sepenuhnya menggantikan lumpur pemboran setelah sirkulasi, namun praktiknya hal itu sulit dicapai dan beberapa lumpur yang digunakan tertinggal di sumur dan mencemari semen setelah penempatan semen dilakukan (Agbasimalo, 2012). Pembersihan lumpur dengan penggunaan *spacer* sangat diperlukan. Namun selama perpindahan di dalam casing dan annulus terdapat perbedaan densitas dapat menyebabkan pencampuran atau kontaminasi suspensi semen dengan lumpur pemboran (Isehunwa & Mumuni, 2014).

Dari salah satu kasus lapangan, kontaminasi lumpur terhadap semen pernah terjadi dan menyebabkan terjadinya kegagalan penyemenan primer pada Sumur Pilot SNT-2 Pertamina EP Field Rantau. Hasil analisis yang terjadi pada penelitian tersebut, dilakukan perencanaan ulang kegagalan penyemenan sumur tersebut dengan menghasilkan dua asumsi yaitu semen yang turun merupakan semen densitas besar dan terjadinya kontaminasi antara semen dengan lumpur berbahan dasar minyak sehingga suspensi semen lama mengeras (Zamri & Senta, 2015).

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan salah satu jenis lumpur yaitu *pseudo oil base mud* menunjukkan bahwa *filtration loss* meningkat seiring bertambahnya waktu dan menurun dengan meningkatnya volume kontaminasi jenis lumpur tersebut terhadap suspensi semen (Isehunwa & Mumuni, 2014). Dengan adanya contoh permasalahan di atas, peneliti memperkirakan bahwa pengaruh dari dua jenis lumpur yang digunakan terhadap *filtration loss* ini akan mempengaruhi kestabilan *rheology* dan *filtration loss* semen pemboran.

Alasan penggunaan jenis lumpur *water base mud* dan *oil base mud* karena jenis tersebut sering digunakan di industri migas. Lumpur pemboran yang paling sering digunakan adalah *water base mud* sekitar 98% (Junianto et al., 2017). Sedangkan *oil base mud* sering digunakan untuk formasi yang mempunyai masalah *shale (clay swelling)* dan dapat mencegah kerusakan formasi (*formation damage*) yang terjadi akibat penggunaan *water base mud* sebelumnya (mengatasi kegagalan yang disebabkan *water base mud*) karena *mud filtrate* lumpur tersebut masuk kedalam formasi (Halim & Christyahya, 2006).

Dalam penelitian ini *software* yang digunakan yaitu minitab. Menurut Iriawan dan Astuti, minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mengolah data statistik secara lengkap. Minitab menyediakan program-program untuk mengolah data statistika secara lengkap, seperti analisis regresi, ANOVA, pengendalian kualitas setatistika, peramalan dengan analisis *time series*, dan lain sebagainya. Iriawan dan Astuti menyatakan bahwa minitab juga telah diakui sebagai program statistika yang sangat kuat dengan tingkat akurasi taksiran statistik yang tinggi (Wahyuni et al., 2018). Hal tersebut membuat peneliti memilih menggunakan *software* minitab untuk membantu mengolah data dalam penelitian ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *filtration loss* semen pemboran.

2. Menganalisis pengaruh kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *rheology* semen pemboran.
3. Menganalisis hasil uji laboratorium untuk mengetahui regresi linier dan korelasi dengan menggunakan *software* minitab.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun harapan dari manfaat dilakukan penelitian ini adalah kita dapat mengetahui pengaruh kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *filtration loss* dan *rheology* semen pemboran yang bermanfaat bagi pembaca, peneliti sekarang dan peneliti selanjutnya.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, lebih fokus, sempurna dan mendalam, maka dalam penelitian ini hanya berfokus pada pengaruh kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *filtration loss* dan *rheology* semen pemboran. Penelitian ini mengabaikan pengaruh kualitas semen lainnya, mengabaikan pengujian aditif dalam mengatasi kontaminasi tersebut. Penelitian ini hanya menggunakan *software* minitab untuk analisis regresi linier dan korelasi dari hasil uji laboratorium.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam adalah segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT di bumi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kebutuhan hidupnya tercukupi dan sejahtera. Sumber daya alam yang terdapat di mana saja seperti di tanah, air, udara dan sebagainya. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam firman-Nya Q.S Ibrahim : 7. Maka sudah sepantasnya kita bersyukur atas apa yang telah Allah SWT ciptakan yang semata-mata adalah untuk kita manfaatkan, karena Allah SWT telah berjanji barang siapa yang mensyukuri nikmatnya maka akan ditambah tapi apabila kufur maka akan mendapat siksa yang amat pedih. Untuk itu sebagai bentuk syukur manusia kepada Allah SWT, manusia harus memelihara alam yang telah memberikan kehidupan kepada manusia karena hakikatnya semua yang ada di bumi hanyalah milik Allah SWT.

2.1 *Filtration Loss Suspensi Semen*

Filtration loss merupakan peristiwa hilangnya cairan dari suspensi semen kedalam formasi permeabel yang dilaluinya (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005). Cairan tersebut disebut dengan filtrat. Filtrat tidak boleh hilang terlalu banyak, karena jika hilangnya terlalu banyak bisa menyebabkan suspensi semen kekurangan air (*flash set*). *Filtration loss* terjadi salah satunya karena tekanan hidrostatik dari semen (P_h) jauh lebih besar dari pada tekanan formasi (P_f). Untuk itu maka cara yang dapat ditempuh untuk mengatasinya adalah mengontrol besarnya densitas semen. Pengontrolan densitas semen dapat dilakukan dengan penambahan additif seperti *bentonite* untuk mengurangi densitas atau *barite* untuk menaikkan densitas semen.

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah LPLT (*Low Pressure Low Temperature*). Semen ditempatkan dalam silinder standar yang bagian dasarnya dilengkapi kertas saring dan diberi tekanan sebesar 100 *psi* selama 30 menit (Rubiandini, 2009). Bila pengujian ini tidak sampai 30 menit. maka harga *filtration loss* dapat diketahui dengan persamaan:

$$F_{30} = Ft \frac{5.477}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots(2.1)$$

keterangan : F30 = filtrat pada 30 menit, ml
 Ft = filtrat pada t menit, ml
 t = waktu pengukuran, menit

Filtration loss pada *primary cementing* standarnya sekitar 150-250 cc yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh. Sedangkan pada *squeeze cementing*, *filtration loss* diijinkan standarnya sekitar 55-65 cc selama 30 menit (Rubiandini, 2009).

2.2 Rheology Suspensi Semen

Rheology adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat aliran pada berbagai jenis fluida. Pada fluida semen sifat-sifat aliran yang diuji adalah *yield point* dan *plastic viscosity*. Pengukuran *rheology* dapat menggunakan *Fann VG Meter* (Huda et al., 2018).

Suspensi semen mempunyai beberapa sifat tertentu dalam kaitannya sebagai fluida sehingga mudah dipompakan pada penyemenan. Sifat fluida yang berhubungan dengan jenis aliran pada pengujian *rheology* terbagi menjadi 2 yaitu:

a. *Plastic Viscosity* (μ_P)

Viskositas plastik (*plastic viscosity*) seringkali digambarkan sebagai bagian dari resistensi untuk mengalir yang disebabkan oleh friksi mekanik (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005). Atau dalam arti lain *plastic viscosity* merupakan suatu tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh gesekan antara sesama benda padat didalam lubang bor dan merupakan salah satu parameter kenaikan solid yang ada dalam lumpur atau semen pemboran.

Plastic viscosity semen dapat didefinisikan sebagai parameter yang mengindikasikan ukuran, bentuk dan jumlah daripada partikel-partikel yang terkandung di dalam semen. Besarnya harga *plastic viscosity* suspensi semen ditentukan angka pembacaan dari pengukuran dengan menggunakan *Fann VG meter*, yaitu berupa skala pembacaan (dial) pada 300 rpm dan 600 rpm,

kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rubiandini, 2009):

$$\mu_p = C_{600} - C_{300} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan: μ_p = plastic viscosity, cp

C_{300} = pembacaan dial pada 300 rpm

C_{600} = pembacaan dial pada 600 rpm

b. Yield Point

Yield point adalah bagian dari resistensi untuk mengalir yang dipengaruhi oleh gaya tarik-menarik antar partikel. Gaya tarik-menarik ini disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang didispersi dalam fasa fluida. Atau dalam arti lain *yield point* merupakan suatu tahanan terhadap aliran yang disebabkan oleh gaya elektromanika antara padatan-padatan, cairan-cairan dan padatan-cairan.

Gel strength dan *yield point* keduanya merupakan ukuran gaya tarik-menarik. Bedanya *gel strength* merupakan ukuran gaya tarik-menarik yang statis sedangkan *yield point* merupakan gaya tarik-menarik yang dinamis. Harga *yield point* suatu suspensi semen dapat dihitung dengan persamaan berikut (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005) :

$$Y_p = C_{300} - \mu_p \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan : Y_p = yield point, lb/100 ft².

C_{300} = pembacaan dial pada 300 rpm.

2.3 Lumpur Yang Digunakan

Lumpur pemboran merupakan suatu cairan atau yang terdiri dari campuran material dan aditif yang digunakan selama operasi pemboran berlangsung (Fitrianti, 2012). Fungsi dari lumpur pemboran tersebut adalah (Junianto et al., 2017):

- a. Membersihkan dasar lubang dan melindungi lubang bor

- b. Mengangkat serbuk bor (*cutting*) ke permukaan dan menahan *cutting* selama sirkulasi dihentikan
- c. Menjaga dan mengimbangi tekanan formasi
- d. Mendinginkan dan melumasi mata bit dan rangkaian bor
- e. Menahan sebagai berat rangkaian pemboran dan *casing*
- f. Media data *logging*
- g. Mencegah dan menghambat laju korosi

Hal yang terpenting dalam penentuan komposisi lumpur pemboran yaitu jika semakin ringan (*encer*) suatu lumpur pemboran maka semakin besar laju penembusannya dan semakin berat (*kental*) suatu lumpur pemboran, semakin mudah untuk mengontrol kondisi dibawah permukaan seperti masuknya fluida formasi bertekanan tinggi (*kick*) dan bila tidak diatasi maka akan menyebabkan semburan liar (*blow out*) (Pamungkas, 2004). Pada saat pengeboran, apabila menemui lapisan yang keras (lapisan dengan daya penyerapan yang rendah) lumpur bor *encer* dapat dipakai. Sedangkan pengeboran pada lapisan bertekanan tinggi (lapisan dengan daya penyerapan yang tinggi) lumpur bor *kental* dipakai untuk mengatur tekanan-tekanan lapisan karena dapat menyebabkan terjadinya *kick* (Junianto et al., 2017).

Diketahui setiap lapangan mempunyai formasi dengan sifat yang berbeda-beda. Maka dari itu, lumpur pemboran juga mempunyai jenis yang berbeda-beda yang disesuaikan dengan jenis lapisan formasi pada saat pemboran berlangsung, sehingga lumpur yang digunakan merupakan lumpur yang terbaik dan paling ekonomis. Adapun jenis lumpur yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Lumpur Berbahan Dasar Air (*Water Base Mud*)

Lumpur pemboran yang paling sering digunakan sekitar 98% (Junianto et al., 2017). Komposisi lumpur ini terdiri dari air tawar atau air asin, *clay* dan *chemical additive*. Komposisi ini ditentukan sesuai kondisi didalam lubang sumur bor. *Water base mud* merupakan jenis lumpur yang dapat membentuk *mud cake* dan berguna untuk menjaga lubang bor agar tidak runtuh.

Water Base Mud memiliki keunggulan yaitu tingginya nilai *yield point* dan penurunan kehilangan tekan formasi, sehingga dapat meningkatkan stabilitas lubang bor. Kelemahan dari lumpur ini dapat mengotori lapisan formasi sehingga dalam proses *logging* hasil yang didapatkan tidak maksimal dan juga kurang cocok untuk formasi aktif yaitu formasi dimana mudah sekali mengembang apabila bercampur dengan air (Junianto et al., 2017). Konstituen utama dari *water base mud* adalah air, semua konstituen lain seperti *bentonite* dan *barite* dianggap sebagai *additive*. *Bentonite* sering dianggap sebagai *additive* lumpur pemboran yang penting karena memberikan viskositas dan sebagai *filtration loss control* (Fink, 2012).

2. Lumpur Berbahan Dasar Minyak (*Oil Base Mud*)

Oil base mud memiliki bahan dasar berupa minyak dan biasanya digunakan adalah solar (Hanif & Hamid, 2015). Istilah *oil base mud* digunakan bila minyaknya lebih dari 95%. Komposisi diatur agar kadar airnya rendah (dibawah 5%) (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005). Lumpur ini tidak sensitif terhadap kontaminan. Tetapi airnya adalah kontaminan karena memberi efek negatif bagi kestabilan lumpur ini. Kelebihan lumpur ini yaitu filtratnya minyak yang tidak akan menghidratkan *shale* atau *clay* (jadi dapat digunakan sebagai *Completion Mud*) dan mengurangi terjadinya korosi yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada rangkaian pipa bor. Manfaat lain yaitu untuk melepaskan *Drillpipe* yang terjepit, mempermudah pemasangan *Casing* dan *Linier* (Junianto et al., 2017). Selain itu lumpur ini juga dapat mencegah kerusakan formasi (*formation damage*) yang terjadi pada WBM karena adanya *mud filtrate* yang masuk ke dalam formasi (sampai beberapa *feet*). Namun kelemahannya antara lain mahal, mudah terbakar, masalah kontaminasi lingkungan (khususnya di *offshore*), dan *removal mud* lebih sulit (Halim & Christyaha, 2006).

Semua minyak dapat digunakan tetapi lebih baik bila digunakan minyak *refinery (refinery oil)* yang mempunyai sifat-sifat sbb (Adiansyah, 2016):

- a) *Uncracked* (tidak terpecah-pecah molekulnya), supaya stabil.

- b) *Flash point* tinggi, untuk mencegah bahaya api.
- c) *Aniline number* tinggi (lebih dari 155) agar tidak merusakkan karet-karet di pompa/ *circulation system*.
- d) *Pour point* rendah, agar bisa digunakan untuk bermacam-macam temperatur.

2.4 Kontaminasi Lumpur

Dalam operasi penyemenan primer, perpindahan fluida yang efektif tetap menjadi masalah utama. Lumpur pemboran sering dipindahkan dengan *wash* dan *spacer fluid* dan diakhiri dengan penginjeksian semen pemboran. *Spacer* harus mengisolasi lumpur pemboran dari suspensi semen untuk menghindari berkembangnya interval semen yang terkontaminasi dan suspensi semen juga harus selalu diisolasi dari fluida lain di dalam casing menggunakan *mechanical plug* untuk menghindari kontaminasi (Miranda et al., 2007).

Dari salah satu kasus lapangan, kontaminasi lumpur terhadap semen pernah terjadi dan menyebabkan terjadinya kegagalan penyemenan primer pada Sumur Pilot SNT-2 Pertamina EP Field Rantau. Hasil analisis yang terjadi pada penelitian tersebut, dilakukan perencanaan ulang kegagalan penyemenan sumur tersebut dengan menghasilkan dua asumsi yaitu semen yang turun merupakan semen densitas besar dan terjadinya kontaminasi antara semen dengan lumpur berbahan dasar minyak sehingga suspensi semen lama mengeras (Zamri & Senta, 2015).

Sebuah studi laboratorium oleh (Agbasimalo, 2012) menyelidiki pengaruh kontaminasi lumpur terhadap integritas antarmuka formasi semen dengan konsentrasi kontaminasi sebesar 5% dan 10%. Berdasarkan pengamatannya disimpulkan bahwa pori-pori besar yang terjadi dalam semen karena adanya kontaminasi lumpur dan jumlah pori-pori meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat kontaminasi lumpur.

Pada penelitian lainnya menggunakan jenis lumpur *pseudo oil base mud* oleh (Isehunwa & Mumuni, 2014), mereka menyelidiki efek lumpur tersebut

terhadap *filtration loss* suspensi semen dengan konsentrasi pengujian hingga 40% pada interval 5%. Hasilnya menunjukkan bahwa *filtration loss* meningkat seiring berjalannya waktu dan menurun dengan meningkatnya kontaminasi lumpur tersebut dalam suspensi semen.

Pada kasus lapangan yang terjadi tentang kontaminasi lumpur pemboran terhadap semen pemboran, dilakukan penelitian tentang evaluasi hasil pekerjaan penyemenan dengan metode *cement bond log* di Sumur Cinta-5 Lapangan Asmara di 70 km sebelah timur kota Jakarta. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa *bonding* semen tidak bagus, hal itu dikarenakan pembersihan lumpur yang kurang maksimal (penyebab terjadinya kontaminasi) sehingga berpengaruh terhadap hasil pembacaan *cement bond log* tersebut. Pemakaian *spacer* perlu diperhatikan, densitas *spacer* harus lebih rendah dari semen dan lumpur karena *spacer* terletak diantara keduanya yang berperan sebagai pemisah agar keduanya tidak tercampur (Muharram, 2015).

Lumpur pemboran bukan hanya bisa mengkontaminasi lumpur saja tapi juga bisa menyebabkan kontaminasi pada batuan formasi. Kontaminasi pada batuan formasi terjadi karena filtrat dari lumpur tersebut masuk ke dalam pori-pori batuan dan merusak sifat fisik batuan tersebut. Sebuah penelitian oleh (Fitrianti, 2012) menyelidiki kerusakan *sample core* batu pasir lempungan setelah dikontaminasi lumpur pemboran dengan emulsi minyak. Kerusakan *sample core* tersebut cukup besar karena harga permeabilitas *sample core* setelah dijenuhi lumpur pemboran tersebut semakin besar dengan ditunjukkannya penambahan nilai *skin* dari *sample core* tersebut.

2.5 Analisis Regresi dan Korelasi Menggunakan Minitab

Statisika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana merencanakan, mengumpulkan, menganalisis dan mempresentasikan data. Singkatnya, statistika adalah ilmu yang berkenaan dengan data. Statistika dibagi menjadi dua, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensial. Untuk saat ini yang akan dibahas dipenelitian ini tentang ilmu statistik inferensial. Statistika inferensial merupakan

statistik yang berkenaan dengan cara penarikan kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh dari sampel untuk menggambarkan karakteristik atau ciri dari suatu populasi. Dengan demikian dalam statistik inferensial dilakukan suatu generalisasi dan hal yang bersifat khusus (kecil) ke hal yang lebih luas (umum). Dalam statistik, untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel lain dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel (Pratomo & Astuti, 2014).

Analisis statistik dapat diolah dengan cara manual maupun dengan menggunakan *software* atau program komputer. Keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan. Apabila menggunakan cara manual, dapat diketahui secara rinci tahapan proses perhitungan yang dilakukan, tetapi setiap tahapan proses harus dilakukan dengan teliti agar hasilnya tepat. Sedangkan apabila menggunakan *software*, tidak dapat diketahui secara rinci tahapan proses yang dilakukan, tetapi hasil lebih akurat dan prosesnya pun lebih mudah. Oleh karena itu, untuk memudahkan pengolahan data agar menghasilkan hasil yang tepat, maka pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* (Wahyuni et al., 2018).

Dalam penelitian ini *software* yang digunakan yaitu minitab. Menurut Iriawan dan Astuti, minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mengolah data statistik secara lengkap. Minitab menyediakan program-program untuk mengolah data statistika secara lengkap, seperti analisis regresi, ANOVA, pengendalian kualitas setatistika, peramalan dengan analisis *time series*, dan lain sebagainya. Iriawan dan Astuti menyatakan bahwa minitab juga telah diakui sebagai program statistika yang sangat kuat dengan tingkat akurasi taksiran statistik yang tinggi (Wahyuni et al., 2018). Hal tersebut membuat peneliti memilih menggunakan *software* minitab untuk membantu mengolah data dalam penelitian ini.

Program pengolahan data statistik dengan minitab diantaranya yaitu analisis regresi linear yaitu salah satu analisis yang paling populer dan luas pemakaiannya. Analisis ini digunakan untuk memahami variabel bebas dan variabel terikat yaitu untuk mengetahui bentuk-bentuk hubungan tersebut. Regresi linear memiliki

model persamaan yang menunjukkan besar pengaruh X terhadap Y. Jika data hasil observasi terhadap sampel acak berukuran n telah tersedia, maka untuk mendapatkan persamaan regresi $Y = a + bX$, dengan perhitungan nilai a dan b menggunakan metode kuadrat kekeliruan terkecil (*least square error method*) (Subekti, 2016).



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Metode

Metodologi penelitian yang digunakan peneliti pada tugas akhir ini adalah penelitian eksperimental (*experiment research*) dengan melakukan eksperimen di laboratorium dan teknik pengumpulan data yaitu data primer dengan mendapatkan data langsung dari penelitian yang dilakukan, literatur terkait dan juga diskusi dengan dosen pembimbing.

3.2 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penelitian ini direncanakan selesai selama dua bulan, dengan perencanaan waktu pengerjaan setiap minggunya seperti:

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Kegiatan	Bulan						
	Februari			Maret			
Studi Literatur							
Persiapan Bahan dan Penelitian di Laboratorium							
Analisis Hasil Perhitungan dan <i>Software</i>							
Pembahasan dan Kesimpulan							

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.4.1 Bahan

Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung:

1. Semen G
2. Air
3. *Bentonite*
4. CMC
5. Solar
6. *Polypropylene Glycol* (PPG)

3.4.2 Peralatan

Berikut ini adalah alat beserta gambar yang dipakai pada penelitian ini:

1. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi menimbang berat bahan dasar suspensi semen dan lumpur yang akan digunakan.



Gambar 3.1 Timbangan Digital (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

2. *Constant Speed Mixer*

Constant Speed Mixer berfungsi mengaduk material suspensi semen dan lumpur dengan aditif agar tercampur rata.



Gambar 3.2 *Constant Speed Mixer* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3. *Stopwatch*

Stopwatch berfungsi mengukur waktu pengujian semen.



Gambar 3.3 *Stopwatch* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

4. Gelas Ukur

Digunakan untuk mengukur air yang akan digunakan dalam pengujian.



Gambar 3.4 Gelas Ukur (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

5. LPLT *Filter Press Set*

LPLT *Filter Press Set* berfungsi untuk mengetahui *filtration loss* dari suspensi semen.



Gambar 3.5 LPLT *Filter Press Set* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

6. *Fann VG Meter*

Fann VG Meter Digunakan untuk pengujian *rheology* semen pemboran.



Gambar 3.6 *Fann VG Meter* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pembuatan Suspensi Semen

Prosedur pembuatan suspensi semen untuk berbagai pengujian antara lain (Rubiandini, 2009):

1. Menimbang semen sebanyak 517 gram, PPG sebanyak 0.5 ml, air sebanyak 429 ml, *bentonite* 7.76 gram, dan CMC 5.17 gram (untuk pembuatan suspensi semen sebelum terkontaminasi lumpur)
2. Membuat OBM dan WBM yang dipersiapkan untuk pengujian semen yang terkontaminasi
3. Mengulangi kegiatan diatas dalam pembuatan sampel semen selanjutnya dengan penambahan konsentrasi lumpur sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.
4. Dari masing-masing komposisi bahan yang digunakan diatas, kemudian mencampurkan semua bahan dan aditif. Dengan cara mencampurkan air dan PPG terlebih dahulu kedalam *cement mixer*. Menyalakan *mixer* dengan kecepatan rendah (4000 rpm) lalu memasukan semen dan aditif, melanjutkan pengadukan dengan kecepatan tinggi (12000 rpm) selama 10 menit
5. Setelah pembuatan suspensi semen selesai, dilanjutkan dengan pengujian.

3.5.2 Pembuatan Lumpur Pemboran

Prosedur pembuatan lumpur pemboran sesuai standar (API SPEC 13A, 2010) antara lain:

1. Menimbang *bentonite* sebesar 22,5 gr dan air sebanyak 350 ml untuk jenis lumpur *water base mud* (Harry et al., 2015) (API SPEC 13A, 2010).
2. Menimbang Solar 95% dan 5% lumpur standar untuk jenis lumpur *oil base mud* (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005).
3. Dari masing-masing komposisi bahan yang digunakan diatas, kemudian mencampur semua bahan dan aditif. Dengan cara masukkan bahan cairan kedalam *mixer*. Menyalakan *mixer* lalu memasukkan additive yang digunakan, melanjutkan pengadukan selama 20 menit.
4. Diamkan lumpur selama 16 jam dalam wadah tertutup pada suhu ruangan.

5. Dilanjutkan dengan pengujian semen pemboran yang terkontaminasi variasi lumpur yang telah dibuat.

2.5.3 Pengujian *Rheology* Suspensi Semen

Prosedur Pengujian *Rheology* suspensi semen antara lain (API SPEC 13A, 2010) :

1. Mengisi bejana dengan suspensi semen yang telah disiapkan sampai batas yang ditentukan
2. Meletakkan bejana pada tempatnya, mengatur skala kedudukan sedemikian rupa sehingga rotor dan bob tercelup kedalam semen menurut batas yang telah ditentukan.
3. Menggerakkan rotor pada posisi *high* dan menempatkan kecepatan rotor pada kedudukan 600 rpm. Pemutaran terus dilakukan sehingga kedudukan skala (*dial*) mencapai keseimbangan. Mencatat harga yang telah ditunjukkan skala sebagai pembacaan 600 rpm.
4. Menurunkan kecepatan menjadi 300 rpm dan mencatat skala sebagai pembacaan 300 rpm.
5. Menghitung besarnya *plastic viscosity* dan *yield point* pada persamaan 2.2 dan 2.3.

3.5.4 Pengujian *Filtration Loss* Suspensi Semen

Prosedur Pengujian *Filtration Loss* suspensi semen antara lain (API SPEC 13A, 2010) :

1. Mempersiapkan peralatan *LPLT Filter Press* digunakan untuk pengujian *filtration loss* dan segera memasang *filter paper* secepat mungkin dan meletakkan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung fluida filtrat.
2. Menuangkan suspensi semen kedalam silinder dan segera menutup rapat.
3. Kemudian mengalirkan udara atau gas N₂ sebesar 100 Psi sebagai tekanan kedalam silinder yang telah berisi suspensi semen.
4. Mencatat volume filtrat sebagai fungsi waktu dengan stopwach, interval pengamatan setiap 2 menit pada 10 menit pertama, kemudian setiap 5 menit untuk 20 menit selanjutnya. Mencatat volume filtrat pada menit ke-25.

5. Harga *filtration loss* diketahui dari volume filtrat yang ditampung dalam gelas ukur selama 30 menit masa pengujian. Bila waktu pengujian tidak sampai 30 menit, maka besarnya *filtration loss* dapat diketahui pada persamaan 2.1.
6. Menghentikan penekanan udara atau gas N_2 , membuang tekanan udara dalam silinder dan menuangkan sisa suspensi semen yang di dalam silinder kedalam *Breaker*.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan pembahasan mengenai pengujian pengaruh kontaminasi variasi konsentrasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *filtration loss* dan *rheology* semen pemboran. Adapun variasi konsentrasi *oil base mud* dan *water base mud* yang digunakan untuk mengetahui pengaruh kontaminasinya terhadap *filtration loss* dan *rheology* semen pemboran yaitu pada konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Selain itu hasil pegujian tersebut akan dianalisis menggunakan *software* minitab untuk mengetahui regresi linier dan korelasi dari hasil pengujian ini.

4.1 Pengujian *Filtration Loss* Semen Terkontaminasi Lumpur Pemboran

Filtration loss adalah kehilangan sebagian dari fasa cair (filtrat) semen masuk kedalam formasi permeabel. Pengukurannya dilakukan dengan standar *filter press*, dimana semen ditempatkan pada silinder yang dasarnya dipasang kertas saring dan bagian atas tabung diberikan tekanan udara/gas. Selanjutnya volume filtrat semen dicatat.

Pengujian *filtration loss* pada semen yang terkontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* dilakukan dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan *Filtration Loss* Semen Terkontaminasi WBM

Komponen	SD (Semen Dasar)	SD + 5% WBM	SD + 10% WBM	SD + 15% WBM	SD + 20% WBM	SD + 25% WBM
Ft	220	210	200	185	175	165
T	28	27	27	26	25	25
F 30	228	221	211	199	192	181

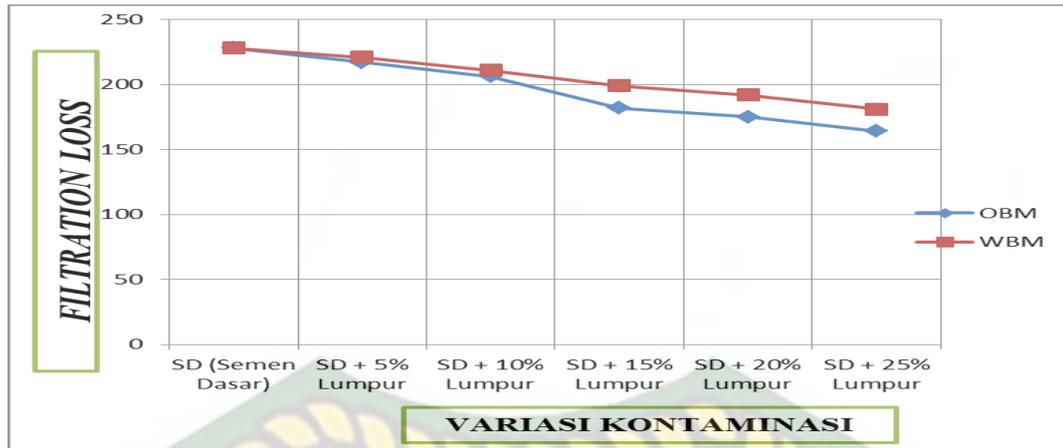
Pada tabel 4.1 menunjukkan komposisi semen dasar sebelum terkontaminasi lumpur pemboran jenis *water base mud* maupun *oil base mud* yang menunjukkan nilai *filtration loss* sebesar 228 ml. Penggunaan semen

tersebut sebagai acuan dalam pengujian selanjutnya karena nilainya sudah memenuhi standar API yaitu sebesar 150-250 cc yang diukur selama 30 menit (Rubiandini, 2009). Kemudian dilakukan pengujian dengan penambahan (kontaminasi) variasi konsentrasi *water base mud* terhadap *filtration loss* semen pemboran. Berdasarkan hasil yang didapat terjadi penurunan nilai *filtration loss*. Hal ini dapat dilihat pada kontaminasi 5% *water base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 221 ml, pada kontaminasi 10% *water base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 211 ml, pada kontaminasi 15% *water base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 199 ml, pada kontaminasi 20% *water base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 192 ml, dan pada kontaminasi 25% *water base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 181 ml.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Filtration Loss* Semen Terkontaminasi OBM

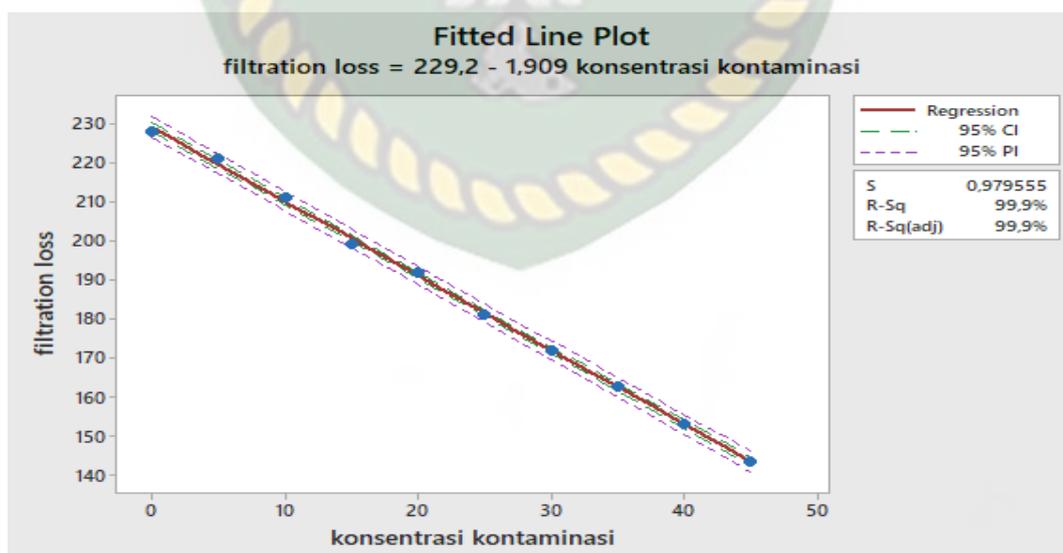
Komponen	SD (Semen Dasar)	SD + 5% OBM	SD + 10% OBM	SD + 15% OBM	SD + 20% OBM	SD + 25% OBM
Ft	220	210	195	170	160	150
T	28	28	27	26	25	25
F 30	228	217	206	182	175	164

Sedangkan pada pengujian dengan penambahan (kontaminasi) variasi konsentrasi *oil base mud* terhadap *filtration loss* semen pemboran menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelumnya. Berdasarkan hasil yang didapat juga terjadi penurunan nilai *filtration loss* namun cenderung lebih besar nilai penurunannya dibandingkan pengujian sebelumnya. Hal ini dapat dilihat pada kontaminasi 5% *oil base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 217 ml, pada kontaminasi 10% *oil base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 206 ml, pada kontaminasi 15% *oil base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 183 ml, pada kontaminasi 20% *oil base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 175 ml, dan pada kontaminasi 25% *oil base mud* diperoleh nilai *filtration loss* sebesar 164 ml.

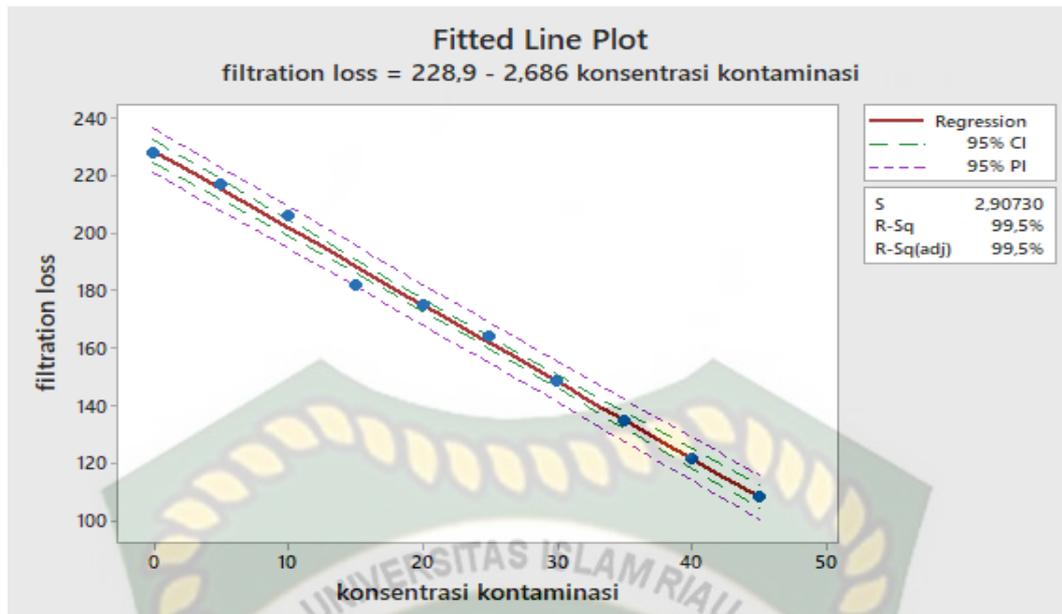


Gambar 4.1 Nilai Filtration Loss

Sesuai grafik pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa setiap penambahan kontaminasi dapat menurunkan nilai *filtration loss*. Kontaminasi terjadi karena lumpur yang digunakan baik itu *oil base mud* ataupun *water base mud* mengandung aditif *bentonite*. *Bentonite* sering dianggap sebagai *additive* lumpur pemboran yang penting karena sebagai *filtration loss control* (Fink, 2012) karena dapat mengurangi densitas. Kontaminasi yang disebabkan oleh *oil base mud* cenderung lebih besar nilai penurunannya dibandingkan dengan kontaminasi yang disebabkan oleh *water base mud*. Hal ini terkait perubahan nilai *rheology* pada masing masing jenis lumpur kontaminan sehingga terjadinya penurunan tekanan hidrostatik sehingga mempengaruhi laju penurunan nilai *filtration loss* yang berbeda.



Gambar 4.2 Nilai Korelasi Konsentrasi Kontaminasi WBM



Gambar 4.3 Nilai Korelasi Konsentrasi Kontaminasi OBM

Berdasarkan hasil yang diperoleh, kontaminasi yang disebabkan oleh *water base mud* maupun *oil base mud* ini tidak memperburuk nilai *filtration loss* semen pemboran. Berdasarkan hasil korelasi dari penggunaan *software* minitab pada gambar 4.2 dan 4.3 jika kontaminasi terus bertambah, semen pemboran akan menjadi buruk nilai *filtration loss* nya karena sudah tidak dalam standar API yaitu 150-250 cc.

4.2 Pengujian *Rheology* Semen Terkontaminasi Lumpur Pemboran

Rheology adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat aliran pada berbagai jenis fluida. Pada fluida semen sifat-sifat aliran yang diuji adalah *yield point* dan *plastic viscosity*. Dimana *plastic viscosity* seringkali digambarkan sebagai bagian dari resistensi untuk mengalir yang disebabkan oleh friksi mekanik sedangkan *yield point* adalah bagian dari resistensi untuk mengalir yang dipengaruhi oleh gaya tarik-menarik antar partikel. Gaya tarik-menarik ini disebabkan oleh muatan-muatan pada permukaan partikel yang didispersi dalam fasa fluida (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005). Pengukuran *rheology* dapat menggunakan *Fann VG Meter* (Huda et al., 2018). Pengukuran dengan memasukkan suspensi semen ke dalam bejana dan menjalankan rotor untuk mendapatkan nilai *yield point* dan *plastic viscosity*.

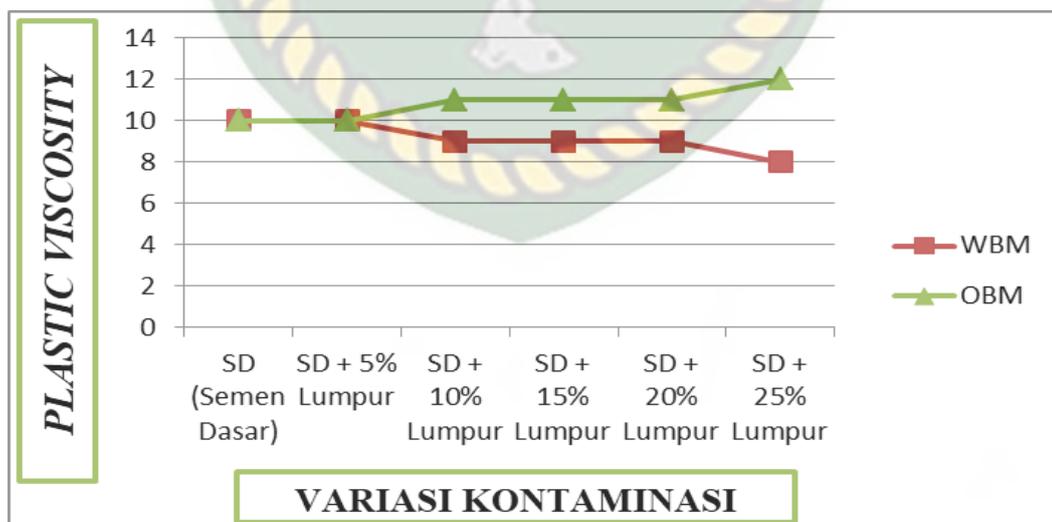
Pengujian *rheology* pada semen yang terkontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* dilakukan dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan *Rheology* Semen Terkontaminasi WBM

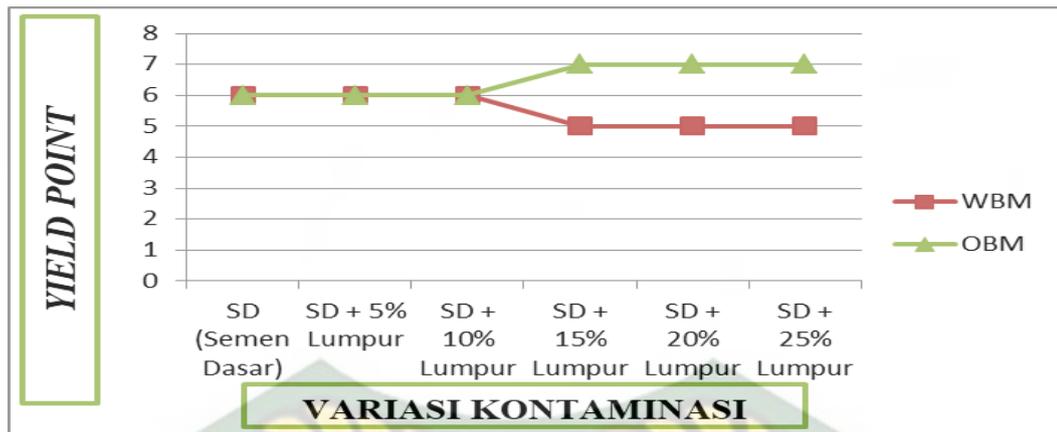
Komponen	SD (Semen Dasar)	SD + 5% WBM	SD + 10% WBM	SD + 15% WBM	SD + 20% WBM	SD + 25% WBM
μ_p	10	10	9	9	9	8
Y_p	6	6	6	5	5	5

Pada tabel 4.3 menunjukkan adanya penurunan nilai *plastic viscosity* akibat dari kontaminasi *water base mud* yang terjadi pada pengujian *rheology* semen pemboran. Berdasarkan hasil yang didapat, terjadi penurunan nilai *plastic viscosity* yang dapat dilihat pada kontaminasi 10-20% *water base mud* diperoleh nilai *plastic viscosity* sebesar 9 cp yang pada awalnya sebelum terjadi kontaminasi nilai *plastic viscosity* sebesar 10 cp. Sedangkan pada kontaminasi 25% *water base mud* terjadi lagi penurunan nilai *plastic viscosity* sebesar 8 cp.

Pada tabel 4.3 juga menunjukkan adanya penurunan dari nilai *yield point* akibat dari kontaminasi *water base mud* yang terjadi pada pengujian *rheology* semen pemboran. Hal ini dapat dilihat pada kontaminasi 15-25% *water base mud* diperoleh nilai *yield point* sebesar 5 lb/100ft² yang pada awalnya sebelum terjadi kontaminasi nilai *yield point* sebesar 6 lb/100ft².



Gambar 4.4 Nilai *Plastic viscosity*



Gambar 4.5 Nilai Yield Point

Sedangkan pada pengujian dengan penambahan (kontaminasi) variasi konsentrasi *oil base mud* terhadap *rheology* semen pemboran menghasilkan hasil yang berbeda dengan pengujian sebelumnya. Berdasarkan hasil yang didapat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 terjadi kenaikan nilai *plastic viscosity* dan *yield point* akibat kontaminasi *oil base mud* yang berbanding terbalik dengan penurunan nilai *plastic viscosity* dan *yield point* yang diakibatkan oleh *water base mud*.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Rheology* Semen Terkontaminasi OBM

Komponen	SD (Semen Dasar)	SD + 5% OBM	SD + 10% OBM	SD + 15% OBM	SD + 20% OBM	SD + 25% OBM
μ_p	10	10	11	11	11	12
Yp	6	6	6	7	7	7

Pada tabel 4.4 menunjukkan adanya kenaikan nilai *plastic viscosity* akibat dari kontaminasi *oil base mud* yang terjadi pada pengujian *rheology* semen pemboran. Berdasarkan hasil yang didapat pada tabel 4.4 terjadi kenaikan nilai *plastic viscosity* yang dapat dilihat pada kontaminasi 10-20% *oil base mud* diperoleh nilai *plastic viscosity* sebesar 11 cp yang pada awalnya sebelum terjadi kontaminasi nilai *plastic viscosity* sebesar 10 cp. Sedangkan pada kontaminasi 25% *oil base mud* terjadi lagi kenaikan nilai *plastic viscosity* sebesar 12 cp.

Pada tabel 4.4 juga menunjukkan adanya kenaikan dari nilai *yield point* akibat dari kontaminasi *oil base mud* yang terjadi pada pengujian *rheology* semen pemboran. Hal ini dapat dilihat pada kontaminasi 15-25% *oil base mud* diperoleh

nilai *yield point* sebesar 7 lb/100ft² yang pada awalnya sebelum terjadi kontaminasi nilai *yield point* sebesar 6 lb/100ft².

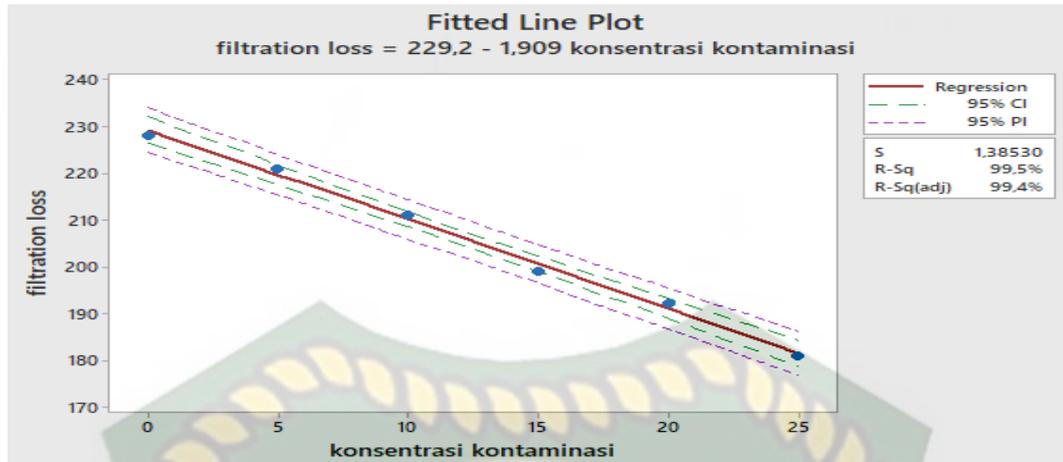
Berdasarkan hasil penelitian *plastic viscosity* maupun *yield point* menghasilkan hasil yang berbeda, dimana *oil base mud* mengalami kenaikan sedangkan *water base mud* mengalami penurunan. Jika pada kontaminasi *water base mud* menyebabkan *rheology* terlalu rendah mengakibatkan semen menjadi lebih encer yang mengakibatkan *penetration rate* lebih cepat sementara jika pada kontaminasi *oil base mud* menyebabkan *rheology* terlalu tinggi mengakibatkan semen sulit untuk dipompa, dimana *rheology* yang baik merupakan salah satu sifat dari semen yang diinginkan (Agam et al., 2015).

Hasil analisis didapatkan bahwa ada keterkaitan dari dampak kenaikan nilai *rheology* akibat kontaminasi *oil base mud* terhadap penurunan nilai *filtration loss* yang menurun lebih besar dibandingkan *water base mud*. Seperti diketahui kenaikan nilai *rheology* bisa menyebabkan *penetration rate* menurun karena meningkatnya nilai viskositas semen dan terjadinya *pressure lost* karena terlalu banyaknya gesekan karena tingginya nilai *plastic viscosity*. Karena adanya penurunan tekanan hidrostatik yang terjadi akibat *pressure lost* mengakibatkan penurunan nilai *filtration loss* cenderung lebih besar. Karena faktor dari terjadinya *filtration loss* itu yaitu tekanan hidrostatik dari semen (P_h) jauh lebih besar dari pada tekanan formasi (P_f) (Rubiandini, 2009).

4.3 Analisis Regresi dan Korelasi Antara Parameter Uji Terhadap Konsentrasi

Dalam penelitian ini data yang di dapat kemudian dianalisa menggunakan *software* Minitab dengan analisis regresi dan korelasi. Dalam penelitian ini analisa regresi dan korelasi dilakukan pada parameter uji yaitu *filtration loss* dan *rheology* terhadap konsentrasi kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud*. Parameter-parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1 Filtration Loss Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM



Gambar 4.6 Fitted Line Plot Konsentrasi vs Filtration Loss WBM

Berdasarkan gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *water base mud* maka semakin kecil *filtration loss* yang didapatkan. Garis merah sebagai regresi (*regression*) menunjukkan hubungan sumbu X sebagai konsentrasi kontaminasi dan sumbu Y sebagai volume filtrat sehingga didapatkan estimasi rata-rata. Nilai CI sebagai nilai Indeks Korelasi (*Correlation Index*) menunjukkan batas nilai plot hubungan variabel X dan Y. Nilai PI sebagai nilai Indeks Probabilitas (*Probability Index*) menunjukkan nilai peluang atau kebolehjadian nilai filtrat dengan syarat masih di dalam batas garis PI. Nilai S menunjukkan kesalahan standar dari hasil regresi.

Regression Analysis: filtration loss versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is
filtration loss = 229,2 - 1,909 konsentrasi kontaminasi

S = 1,38530 R-Sq = 99,5% R-Sq(adj) = 99,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1593,66	1593,66	830,44	0,000
Error	4	7,68	1,92		
Total	5	1601,33			

Fitted Line: filtration loss versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; filtration loss

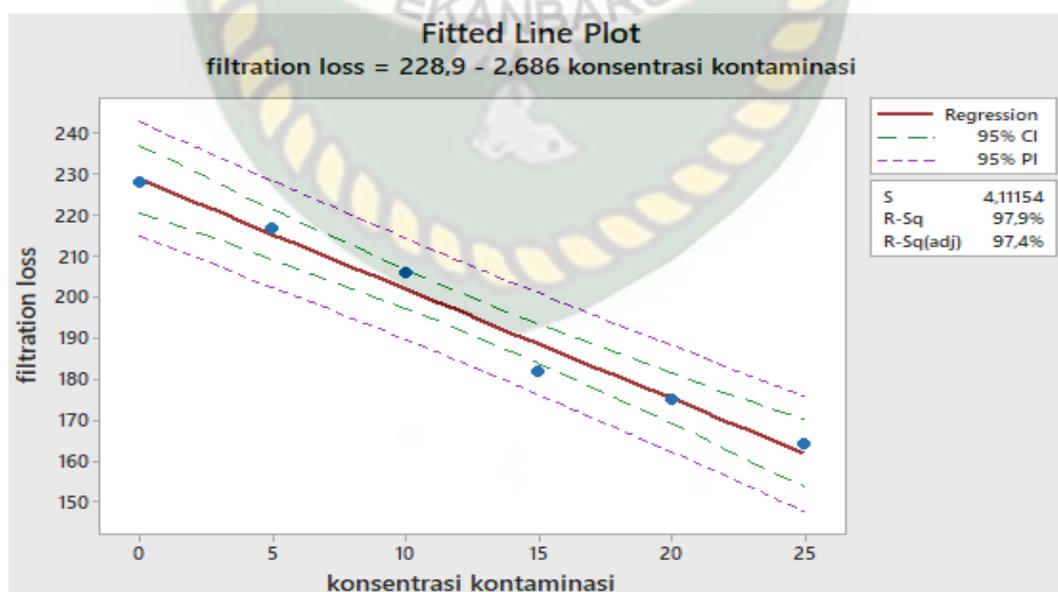
Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and filtration loss = -0,998
P-Value = 0,000

Gambar 4.7 Regretion Analysis Konsentrasi vs Filtration loss WBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,000 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *confidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,000 yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 99,4% yang artinya variabel *filtration loss* dapat dijelaskan sebesar 99,4% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 0,6% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *filtration loss* = 229,2 - 1,909 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh negatif terhadap *filtration loss* yaitu sebesar 1,909. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,998 atau bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *filtration loss* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.2 *Filtration Loss* Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM



Gambar 4.8 *Fitted Line Plot* Konsentrasi vs *Filtration Loss* OBM

Berdasarkan gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *oil base mud* maka semakin kecil *filtration loss* yang didapatkan.

Regression Analysis: filtration loss versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is
filtration loss = 228,9 - 2,686 konsentrasi kontaminasi

S = 4,11154 R-Sq = 97,9% R-Sq(adj) = 97,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3155,71	3155,71	186,68	0,000
Error	4	67,62	16,90		
Total	5	3223,33			

Fitted Line: filtration loss versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; filtration loss

Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and filtration loss = -0,989
P-Value = 0,000

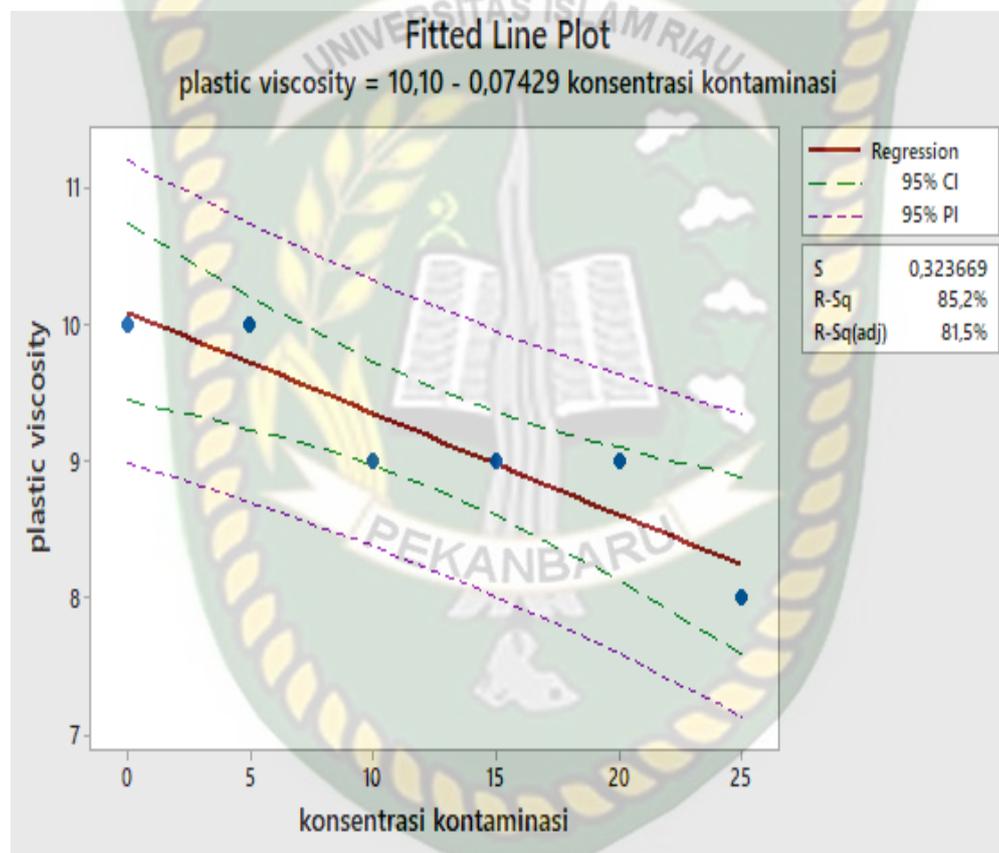
Gambar 4.9 Regretion Analysis Konsentrasi vs Filtration loss OBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,000x yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *convidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,000x yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai $R\text{-sq (adj)}$ 97,4% yang artinya variabel *filtration loss* dapat dijelaskan sebesar 97,4% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 2,6% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah $\text{filtration loss} = 228,9 - 2,686 \text{ konsentrasi}$, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh negatif terhadap *filtration loss* yaitu sebesar 2,686. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,989 atau bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *filtration loss* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.3 Rheology Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM

4.3.3.1 Plastic viscosity Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM



Gambar 4.10 Fitted Line Plot Konsentrasi vs Plastic Viscosity WBM

Berdasarkan gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *water base mud* maka semakin kecil *plastic viscosity* yang didapatkan.

Regression Analysis: plastic viscosity versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is

plastic viscosity = 10,10 - 0,07429 konsentrasi kontaminasi

S = 0,323669 R-Sq = 85,2% R-Sq(adj) = 81,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,41429	2,41429	23,05	0,009
Error	4	0,41905	0,10476		
Total	5	2,83333			

Fitted Line: plastic viscosity versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; plastic viscosity

Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and plastic viscosity = -0,923
P-Value = 0,009

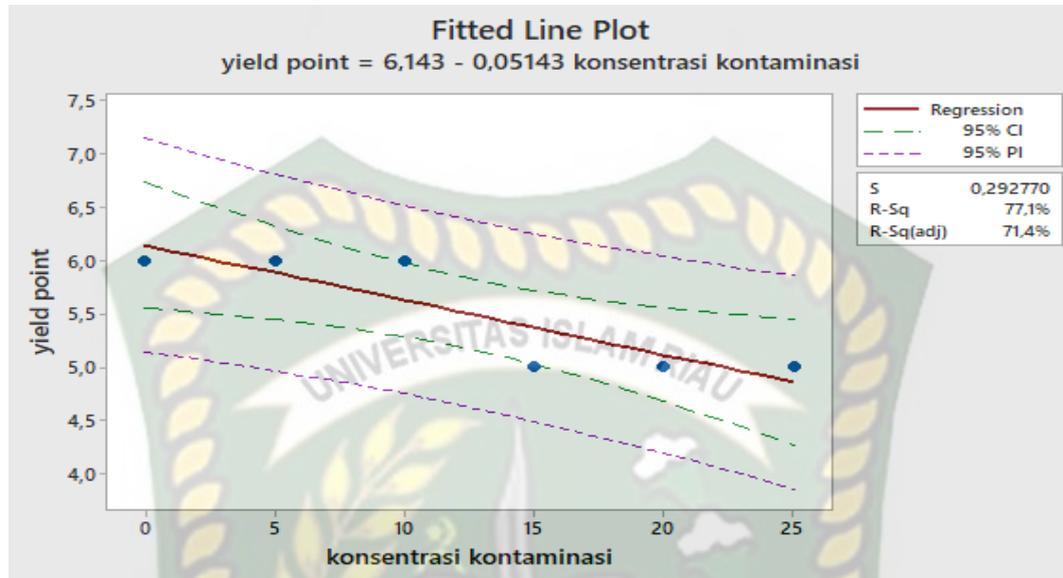
Gambar 4.11 Regretion Analysis Konsentrasi vs Plastic Viscosity OBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,009 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *convidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,009 yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 81,5% yang artinya variabel *plastic viscosity* dapat dijelaskan sebesar 81,5% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 18,5% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *plastic viscosity* = 10,10 - 0,07429 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh negatif terhadap *plastic viscosity* yaitu sebesar 0,07429. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,923 atau

bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *plastic viscosity* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.3.2 Yield Point Terhadap Konsentrasi Kontaminasi WBM



Gambar 4.12 Fitted Line Plot Konsentrasi vs Yield Point WBM

Berdasarkan gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *water base mud* maka semakin kecil *yield point* yang didapatkan.

Regression Analysis: yield point versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is
 yield point = 6,143 - 0,05143 konsentrasi kontaminasi

S = 0,292770 R-Sq = 77,1% R-Sq(adj) = 71,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1,15714	1,15714	13,50	0,021
Error	4	0,34286	0,08571		
Total	5	1,50000			

Fitted Line: yield point versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; yield point

Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and yield point = -0,878
 P-Value = 0,021

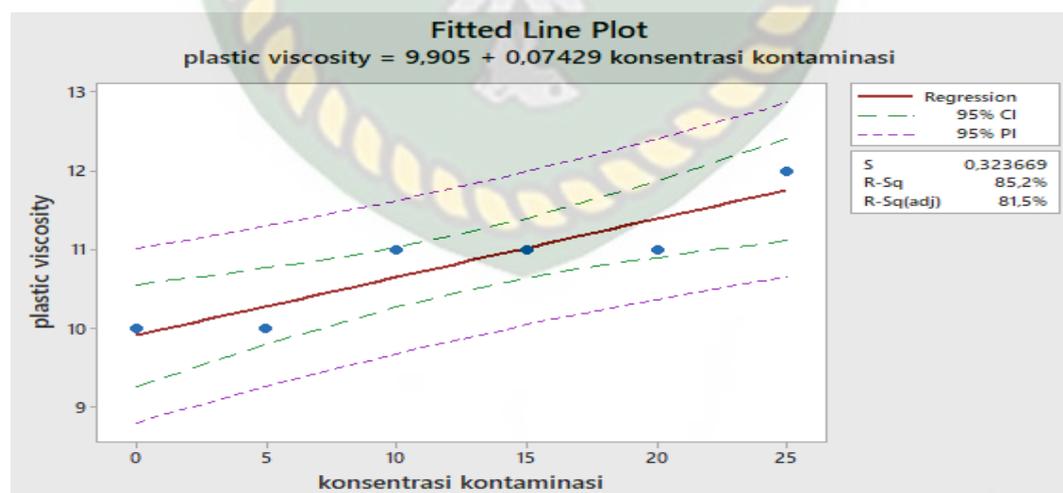
Gambar 4.13 Regretion Analysis Konsentrasi vs Yield Point WBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,021 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *confidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,021 yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 71,4% yang artinya variabel *yield point* dapat dijelaskan sebesar 71,4% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 28,6% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *yield point* = 6,143 - 0,05143 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh negatif terhadap *yield point* yaitu sebesar 0,05143. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,878 atau bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *yield point* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.4 Rheology Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM

4.3.4.1 Plastic viscosity Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM



Gambar 4.14 Fitted Line Plot Konsentrasi vs Plastic Viscosity OBM

Berdasarkan gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *oil base mud* maka semakin besar pula *plastic viscosity* yang didapatkan.

Regression Analysis: plastic viscosity versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is
 $\text{plastic viscosity} = 9,905 + 0,07429 \text{ konsentrasi kontaminasi}$

S = 0,323669 R-Sq = 85,2% R-Sq(adj) = 81,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,41429	2,41429	23,05	0,009
Error	4	0,41905	0,10476		
Total	5	2,83333			

Fitted Line: plastic viscosity versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; plastic viscosity

Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and plastic viscosity = 0,923
P-Value = 0,009

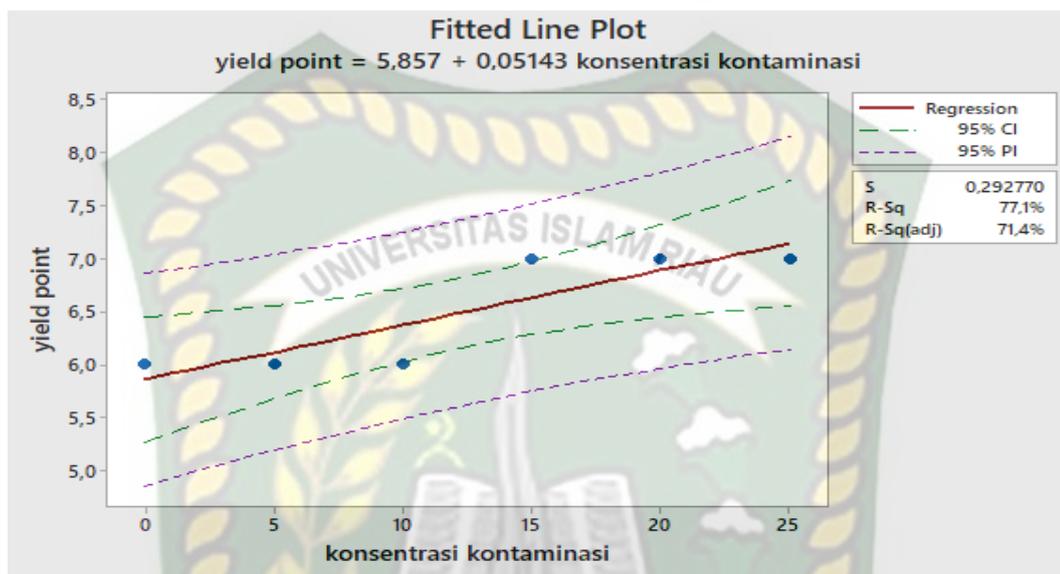
Gambar 4.15 Regretion Analysis Konsentrasi vs Plastic Viscosity OBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,009 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *convidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,009 yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 81,5% yang artinya variabel *plastic viscosity* dapat dijelaskan sebesar 81,5% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 18,5% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah $\text{plastic viscosity} = 9,905 + 0,07429 \text{ konsentrasi}$, berarti kenaikan 1

konsentrasi memberikan pengaruh positif terhadap *plastic viscosity* yaitu sebesar 0,07429. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar 0,923 atau bernilai positif yang artinya kenaikan variabel *plastic viscosity* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.4.2 Yield Point Terhadap Konsentrasi Kontaminasi OBM



Gambar 4.16 Fitted Line Plot Konsentrasi vs Yield Point OBM

Berdasarkan gambar 4.16 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi kontaminasi *oil base mud* maka semakin besar pula *yield point* yang didapatkan.

Regression Analysis: yield point versus konsentrasi kontaminasi

The regression equation is
 yield point = 5,857 + 0,05143 konsentrasi kontaminasi

S = 0,292770 R-Sq = 77,1% R-Sq(adj) = 71,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1,15714	1,15714	13,50	0,021
Error	4	0,34286	0,08571		
Total	5	1,50000			

Fitted Line: yield point versus konsentrasi kontaminasi

Correlation: konsentrasi kontaminasi; yield point

Pearson correlation of konsentrasi kontaminasi and yield point = 0,878
 P-Value = 0,021

Gambar 4.17 Regretion Analysis Konsentrasi vs Yield Point OBM

Dilihat pada *output software* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,021 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% digunakan *confidence level* sebesar 95% sehingga diperoleh nilai α sebesar 5% atau 0,05. Dalam pendekatan nilai probabilitas (*p-value*) jika nilai probabilitas (*p-value*) lebih besar atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,021 yang artinya lebih kecil dari nilai signifikansi (α) yang artinya adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan artinya, model regresi linear memenuhi kriteria linearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 71,4% yang artinya variabel *yield point* dapat dijelaskan sebesar 71,4% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 28,6% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *plastic viscosity* = 5,857 + 0,05143 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh positif terhadap *yield point* yaitu sebesar 0,05143. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar 0,878 atau bernilai positif yang artinya kenaikan variabel *yield point* dan variabel konsentrasi meningkat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontaminasi akibat WBM maupun OBM berpengaruh menurunkan nilai *filtration loss* semen pemboran. Berdasarkan hasil penelitian SD yaitu 228 ml, kontaminasi 5% WBM yaitu 221 ml, 10% WBM yaitu 211 ml, 15% WBM yaitu 199 ml, 20% WBM yaitu 192 ml, 25% WBM yaitu 181 ml, 5% OBM yaitu 217 ml, 10% OBM yaitu 206 ml, 15% OBM yaitu 182 ml, 20% OBM yaitu 175 ml, 25% OBM yaitu 164 ml. Dapat dilihat bahwa kecenderungan penurunan lebih besar disebabkan oleh OBM dibandingkan WBM.
2. Berdasarkan hasil penelitian nilai *plastic viscosity* SD yaitu 10 cp dan *yield point* yaitu 6 lb/100ft². Dimana terjadi penurunan nilai *plastic viscosity* pada kontaminasi 10-20% WBM yaitu 9 cp dan 25% WBM yaitu 8 cp dan penurunan nilai *yield point* pada kontaminasi 15-25% WBM yaitu 5 lb/100ft² sedangkan terjadi kenaikan nilai *plastic viscosity* pada kontaminasi 10-20% OBM yaitu 11 cp dan 25% OBM yaitu 12 cp dan kenaikan nilai *yield point* pada kontaminasi 15-25% OBM yaitu 7 lb/100ft².
3. Penelitian menggunakan *software* minitab didapat hasil persamaan *filtration loss* akibat WBM $229,2 - 1,909$ konsentrasi dan akibat OBM $228,9 - 2,686$ konsentrasi. Persamaan *plastic viscosity* akibat WBM $10,10 - 0,07429$ konsentrasi dan persamaan *yield point* akibat WBM $6,143 - 0,05143$ konsentrasi. Persamaan *plastic viscosity* akibat OBM $9,905 + 0,07429$ konsentrasi dan persamaan *yield point* akibat OBM $5,857 + 0,05143$ konsentrasi,.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan untuk membahas antara lain:

1. Peneliti selanjutnya bisa membahas pengaruh kontaminasi *oil base mud* dan *water base mud* terhadap *thickening time*, *strength*, *density* maupun *free water* semen pemboran.
2. Peneliti selanjutnya bisa membahas pengaruh kontaminasi jenis lumpur lainnya terhadap *filtration loss* dan *rheology* semen pemboran.



DAFTAR PUSTAKA

- Alqur'an. Surat Ibrahim Ayat 7
- Agbasimalo, N. C. (2012). *Experimental Study Of The Effect Of Drilling Fluid Contamination On The Integrity Of Cement- Formation Interface.*
- Bourgoyne Jr., A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., Young Jr., F. S., Bourgoyne, A. T. J., Young, F. S. J. (1986). *Applied Drilling Engineering. Society Of Petroleum Engineers, P. 99 : Society Of Petroleum Engineers.*
- Di, D., Pemboran, L., Dit, O., & Disini, C. (2016). *Jenis – Jenis Lumpur Pemboran.* 1–5.
- Heriot Watt (2005). : *Drilling Engineering Heriot Watt 04.* Institute Of Petroleum Engineering: Heriot-Watt University
- Edition, E., Api, C., Annex, M., Part, A. S., & National, O. F. U. S. (2015). *Specification For Drilling Fluids Materials.*
- Fink, J. K. (2012). *Petroleum Engineer's Guide To Oil Field Chemicals And Fluids.* Usa : Imprint Of Elsevier 225 Wyman Street.
- Halim & Christhyatya 2006. *Analisis Reservoir Sanggata Terhadap Pengaruh Lumpur Pemboran Obm Vs Wbm*
- Hanif, I., Hamid, A., (2015). *Analisis Lumpur Bahan Dasar Minyak Saraline Dan Smooth Fluid Pada Temperatur Tinggi Dalam Pengujian Laboratorium.* 167–179. Studi, P., Perminyakan, T., & Trisakti, U.
- Harry, T. F., Oduola, K., Ademiluyi, F. T., & Joel, O. F. (2017). *Application Of Starches From Selected Local Cassava (Manihot Exculenta Crantz) As Drilling Mud Additives. D,* 10–20.
- Huda, A., Hamid, A., & Agent, W. (2018). *Pengaruh Penambahan “ Barite ”, “ Hematite ”, Dan “ Mecomax ” Terhadap Thickening Time , Compressive Strength , Dan Rheologi Buburr Semen Pada Variasi Temperatur (Bhct) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi. Vii(2),* 47–58.
- Ii, B. (2004). *Pengantar Teknik Perminyakan (Tm-110).*
- Junianto, A., Rosyidan, C., (2017). *Perencanaan Lumpur Pemboran Berbahan Dasar Air Pada Sumur X Lapangan Y. Vi(4) :* Trisakti, U.
- Martha, B. I., Zabidi, L., & Satiawati, L. (2015). *Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Lignosulfonate Pada Compressive Strength Dan Thickening*

Time Pada Semen Pemboran Kelas G. 248–253.

- Miranda, C. R., Carvalho, K. T., & Vargas, A. A. (2007). *Minimizing Fluid Contamination During Oilwell Cementing Operations*. 1–13.
- Mud, I., With, D., & Oil, E. (N.D.). *Influence Mud Drilling With Emulsion Oil To Formation Damage Of Clay Limestone (Testing Laboratory Analysis) Setelah Dikontaminasi Dengan Lumpur Pemboran Emulsi Minyakberdasarkan Uji Laboratorium . Skin Melalui Perbandingan Antara Harga Permeabilitas Awal Dan Permeabilitas Akhir Dari*. 67–79.
- Muds, B. (2014). *Filtration Losses In Oilwell Cement Contaminated By Pseudo Oil Filtration Losses In Oilwell Cement Contaminated By Pseudo*.
- Pendahuluan, I. (2014). *Terhadap Nominal Pembelian Di Indomaret Kedungmundu*. (1).
- Penyemenan, A., Penelitian, P., & Logging, C. B. (2015). *Evaluasi Penyemenan Liner 7 Inch Pada Lapangan Asmara Sumur Cinta - 5*. 442–447.
- Rosmaini, S. (2016). *Belajar Olah Data Dengan Spss, Minitab, R, Microsoft Excel, Eviews, Lisrel, Amos, Dan Smartpls*.
- Rubiandini, R. (2009). *Teknik Pemboran I*. : Institut Teknologi Bandung.
- Satyawira, B., (2015). *Dafpus 309*. 309–316. Teknik, J., Fakultas, P., Dan, K., Universitas, E., & Pustaka, S.
- Subekti, P. (2015). *Perbandingan Perhitungan Matematis Dan SPSS Analisis Regresi Linier*.
- Wahyuni, T., Agoestanto, A., & Pujiastuti, E. (2018). *Analisis Regresi Logistik Terhadap Keputusan Penerimaan Beasiswa Ppa Di Fmipa Unnes Menggunakan Software Minitab*. 1, 755–764.
- Zamri, K., S (2015) . *Perencanaan Ulang Kegagalan Penyemenanplug Stage 2 Pada Sumur Pilot Snt-2 Pertamina Ep Field Rantau*. : Upn “Veteran” Yogyakarta