ANALISIS PENGARUH VARIASI KONSENTRASI *FLY ASH* KELAPA SAWIT TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *FREE WATER* PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

SAVIRA AHYURIZA

NPM 153210333

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama	:	Savira Ahyuriza
NPM	:	153210333
Program Studi	:	Teknik Perminyakan
Judul Skripsi	:	Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi *Fly Ash* Kelapa Sawit Terhadap *Filtration Loss* dan *Free Water* Pada Semen Pemboran Kelas G

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Novrianti, ST, MT.	( )
Penguji I	: Richa Melysa, ST, MT.	( )
Penguji II	: Fitrianti, ST, MT.	( )

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 30 Desember 2019

Disahkan oleh:

SEK. PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN	DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
(Novrianti.,S.T.,M.T.)	**(Novrianti.,S.T.,M.T.)**

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 30 Desember 2019

Savira Ahyuriza

153210333

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas Rahmat dan curahan ilmu dari-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Saya menyadari penulisan tugas akhir ini tak luput dari kekurangan. Telah banyak pihak yang membantu saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih ini termasuk syarat dari mencapai gelar sarjana di Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Novrianti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing saya yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberikan masukan dan mengoreksi penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Idham Khalid S.T., M.T. selaku Kepala Laboraturium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dan Instruktur Laboratorium Al-Afif S.T. yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.
3. Dr. Eng Muslim dan Novrianti S.T.,M.T. sebagai ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Ayah saya Zulhendra dan Ibu saya Ria Efriani serta adik-adik saya yang memberikan dukungan penuh secara material maupun moral.
5. Sabahat terbaik saya Agus Munandar S.T, Aflian Hadita, Ageng Cahyani, Anggya Maulana S.T, Dian Ulfah, Foni Rahma Yeni yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu saya dalam mengerjakan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 30 Desember 2019

Savira Ahyuriza

Universitas Islam Riau

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iii
KATA PENGANTAR iv
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. SEMEN PEMBORAN KELAS G 4
2.2. *FLY ASH* KELAPA SAWIT 4
2.2.1. Sumber *Fly Ash* 4
2.2.2. Kandungan *Fly Ash* 6
2.3 *FILTRATION LOSS* 7
2.4 *FREE WATER* 9
2.5 ANALISIS REGRESI DAN KORELASI MENGGUNAKAN MINITAB 11
2.6 *STATE OF THE ART* 12
BAB III METODELOGI PENELITIAN 14
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN 14
3.2 METODELOGI PENELITIAN 15
3.3 ALAT DAN BAHAN 15

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3.1. Alat 15
3.3.2. Bahan 19
3.4 PROSEDUR PENELITIAN 20
3.4.1. Persiapan *Fly Ash* 20
3.4.2. Pengujian *Filtration loss* 20
3.4.3. Pengujian *Free Water* 21
3.5 LOKASI PENELITIAN 21
3.6 JADWAL KEGIATAN 22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 23
4.1 PENGUJIAN *FILTRATION LOSS* 23
4.2 PENGUJIAN *FREE WATER* 25
4.3 ANALISIS REGRESI DAN KORELASI ANTARA PARAMETER UJI TERHADAP KONSENTRASI 26
4.3.1. *Filtration Loss* Terhadap Konsentrasi 26
4.3.2. *Free Water* Terhadap Konsentrasi 29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 31
5.1 KESIMPULAN 31
5.2 SARAN 32
DAFTAR PUSTAKA 33
LAMPIRAN I 36
LAMPIRAN II 52
LAMPIRAN III 54

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 14
Gambar 3.2 *Mixer* 15
Gambar 3.3 Gelas Ukur 16
Gambar 3.4 Timbangan Digital 16
Gambar 3.5 *Sieve Analysis* 17
Gambar 3.6 LPLT *(Low Pressure Low Temperature)* 17
Gambar 3.7 *Filter Paper* 18
Gambar 3.8 *Oven* 18
Gambar 3.9 *Stopwatch* 19
Gambar 3.10 *Polypropylene glycol (PPG)* 19
Gambar 3.11 *Fly Ash* kelapa sawit 20
Gambar 4.1 Nilai *Filtration Loss* 24
Gambar 4.2 Nilai *Free water* 25
Gambar 4.3 *Fitted Line Plot Filtration loss Versus* Konsentrasi 27
Gambar 4.4 *Regression Analysis Filtration loss Versus* Konsentrasi 28
Gambar 4.5 *Regression Analysis Free Water Versus* Konsentrasi 29
Gambar 4.6 *Regression Analysis Free Water Versus* Konsentrasi 30

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Fly Ash* Kelapa Sawit 7
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan 22
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan nilai *Filtration loss* Semen Dasar ditambah *fly ash* kelapa sawit 23
Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai *free water* semen dasar ditambah *fly ash* kelapa sawit 25

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Pembuatan Suspensi Semen G 36
LAMPIRAN II Pengujian *Filtration Loss* 51
LAMPIRAN III Pengujian *Free Water* 53

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SINGKATAN

API	*American Petroleum Institute*
LPLT	*Low Pressure Low Temperature*
BPS	Badan Pusat Statistik
SD	Semen Dasar
CPO	*Crude Palm Oil*
BWOC	*By Weight on Cement*
POFA	*Palm Oil Fly Ash*
WCR	*Water Cement Ratio*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR SIMBOL

F30	Filtrat pada 30 menit, ml
Ft	Filtrat pada t menit, ml
T	Waktu pengukuran, menit

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ANALISIS PENGARUH VARIASI KONSENTRASI *FLY ASH* KELAPA SAWIT TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *FREE WATER* PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G

SAVIRA AHYURIZA

153210333

ABSTRAK

Keberhasilan penyemenan akan berakibat baik terhadap umur produksi sumur dan untuk mendapatkan kualitas semen yang baik, maka perlu ditambahkan zat *additive* tertentu kedalam suspensi semen untuk meningkatkan kualitas semen. Didalam penelitian ini akan menggunakan alternatif *additive* yaitu *fly ash* kelapa sawit. Kandungan silika (SiO_2) yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit ini bersifat absorbsi sehingga dapat mengurangi *filtration loss* serta *free water* pada saat operasi penyemenan.

Penelitian ini menggunakan metode *experiment research*, dalam penelitian ini menguji *filtration loss* dan *free water* dengan menambahkan *additive fly ash* kelapa sawit dengan variasi konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15% BWOC. *Fly ash* disaring menggunakan mesh ukuran 200. Untuk *filtration loss* menggunakan alat *filter press* jenis LPLT *(Low Pressure Low Temperature)* dan untuk *free water* ditentukan dengan menggunakan gelas ukur yang diisi suspensi semen dan didiamkan selama 2 jam hingga terjadi air bebas pada bagian atas gelas ukur.

Pengujian *filtration loss* menunjukkan bahwa setiap penambahan *additive fly ash* kelapa sawit dapat mengurangi nilai *filtration loss*. Namun hanya penambahan *additive fly ash* kelapa sawit pada konsentrasi 7.5%, 10% dan 15% yang diizinkan dalam *filtration loss* yaitu 211,87 ml/menit, 202,07 ml/menit dan 175,26 ml/menit. Hasil dari pengujian *free water* menunjukkan bahwa setiap penambahan *additive fly ash* kelapa sawit juga dapat mengurangi *free water*, pada penambahan *additive* 10% didapat hasil sebesar 3.5 ml dan pada konsentrasi 15% didapat hasil sebesar 3 ml. Analisa dari *software* minitab didapat hasil regresi linier yang signifikan karena setiap pegujian didapat hasil *probability* lebih kecil dari 95% atau 0,05. Didapat persamaan *filtration loss* 307,1 - 9,772 konsentrasi, nilai *correlations* -0,970 dan p-value 0,001. Persamaan *free water* 10,19 - 0,6029 konsentrasi, nilai *correlations* -0,862 dan p-value 0,027.

Kata Kunci : *Fly ash, Filtration loss, Free water*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

ANALYSIS THE EFFECT OF CONCENTRATION VARIATIONS PALM OIL FLY ASH AGAINST FILTRATION LOSS AND FREE WATER IN CEMENT DRILLING CLASS G

SAVIRA AHYURIZA

153210333

ABSTRACT

The success of cementing will have a good effect on the age of well production and to get good quality cement, it is necessary to add certain additive substances into the cement suspension to improve the quality of the cement. In this study, an alternative additive will be used, namely oil palm fly ash. The silica content (SiO2) contained in oil palm fly ash is absorbent so that it can reduce filtration loss and free water during cementing operations.

This study uses an experimental research method, in this study testing the filtration loss and free water by adding palm oil fly ash additives with variations in the concentration of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 15% BWOC. Fly ash is filtered using a mesh size of 200. For filtration loss using a filter press type LPLT (Low Pressure Low Temperature) and for free water is determined using a measuring cup filled with cement suspension and allowed to stand for 2 hours until free water occurs on the top of the measuring cup .

Filtration loss testing shows that each addition of palm oil fly ash additive can reduce the value of filtration loss. However, only the addition of palm oil fly ash additives at concentrations of 7.5%, 10% and 15% is permitted in filtration loss, which is 211.87 ml / min, 202.07 ml / min and 175.26 ml / min. The results of the free water test show that each addition of palm oil fly ash additives can also reduce free water, adding 10% additives yields of 3.5 ml and at concentrations of 15% yields of 3 ml. Analysis of Minitab software obtained significant linear regression results because each test obtained probability results smaller than 95% or 0.05. The filtration loss equation of 307.1 - 9,772 concentrations, correlations of -0,970 and p-values of 0.001 were obtained. Free water equation 10.19 - 0.6029 concentration, correlations value -0.862 and p-value 0.027

***Keywords**: Fly ash, Filtration loss, Free water*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyemenan atau *cementing* merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari rangkaian kegiatan industri hulu migas. Salah satu faktor yang terpenting dalam penyelesaian sumur adalah bagaimana mendapatkan hasil penyemenan yang memuaskan. Dapat dikatakan bahwa penyemenan utama (*primary cementing*) yang efektif adalah titik balik dari semua keberhasilan operasi hingga sumur tersebut dapat di produksikan tanpa masalah. Dengan demikian operasi penyemenan juga merupakan faktor yang tidak kalah penting dengan yang lainnya (Rakhmansyah & Aboekasan, 2015).

Pada dasarnya operasi penyemenan sumur dikatakan berhasil jika diperoleh hasil dari tes semen yang sesuai standar. Kualitas dari semen mempengaruhi keberhasilan konstruksi lubang sumur yang dalam hal ini tidak terlepas dari penggunaan desain semen yang terdiri dari pemilihan jenis semen, penentuan komposisi yang tepat, penambahan *additive* yang sesuai dan lain-lain, sehingga didapatkan suspensi semen yang baik. Operasi penyemenan dalam pemboran dapat juga mengalami kegagalan, sehingga akan mendapatkan kerugian yang signifikan, diantaranya kerugian material, waktu maupun kerugian dalam hal biaya. Penyebab kegagalan penyemenan bisa disebabkan oleh tidak baiknya dalam perencanaan pembuatan bubur semen yang dilakukan di laboratorium (Martha, Zabidi, & Satiawati, 2015).

Adapun kegagalan penyemenan yang pernah terjadi seperti yang menyebabkan bencana *Deepwater Horizon* di Teluk Meksiko (Wolf & Mohamed, 2014). Adapun kegagalan penyemenan salah satunya yaitu *filtration loss* yang melebihi standar dapat menyebabkan pecahnya formasi dan juga *free water* yang melebihi standar dapat menyebabkan terjadinya *water pocket* dan *channeling*.

Kelapa sawit di Indonesia merupakan komoditi nabati sebagai produsen *Crude Palm Oil* (CPO) dengan luas lahan sekitar 10,7 juta Ha dan 29,2 juta ton pertahun berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2015

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(Statistik Kelapa Sawit Indonesia, 2015). Dari luas dan produksi kelapa sawit itu, Provinsi Riau merupakan salah satu penghasil terbesar di Indonesia dengan luas lahan sekitar 2,2 juta Ha dan produksi sekitar 76,9 juta ton pertahun atau sekitar 23% dari produksi Indonesia. Dengan areal kelapa sawit dan produksinya yang demikian besar, pabrik pengolahan kelapa sawit berpotensi menghasilkan CPO dan juga limbah organik yang sangat besar pula.

Abu ringan atau *fly ash* kelapa sawit adalah salah satu limbah organik yang merupakan produk dari proses pembakaran cangkang dan sabut kelapa sawit. *Fly ash* kelapa sawit yang dihasilkan ini kurang bernilai ekonomis dan belum dimanfaatkan dengan baik. Selama ini *fly ash* hanya dibuang di tempat pembuangan dan dapat mencemari lingkungan sehingga harus dicari solusi untuk menanganinya. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah sebagai *additive* untuk mengurangi *filtration loss* dan *free water* pada semen pemboran.

Fly ash memiliki jumlah silika yang tinggi dan berpotensi sebagai pengganti semen dan porselin. Jumlah silika yang tinggi dapat diperoleh dari *fly ash* dengan harga murah sebagai bahan alternatif untuk banyak industri (Jamo dan Abdul, 2015). *Fly ash* bersifat menyerap air sehingga dapat mengurangi *filtration loss* dan *free water* (Aini Sulistyowati N, 2013).

Kegunaan dari dilakukannya penelitian ini adalah dalam segi ekonomi dan juga dalam segi lingkungan. Penambahan *fly ash* ini kedalam campuran semen dapat mengurangi biaya karena mengurangi penggunaan bahan semen (Rosenberg, 2010). Biaya juga akan berkurang karena tidak perlu menggunakan *additive* yang berasal dari industri. Dari segi lingkungan dapat berguna karena apabila *fly ash* ini dapat dimanfaatkan, maka pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari *fly ash* bisa berkurang.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit terhadap *filtration loss* pada semen pemboran kelas G.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit terhadap *free water* pada semen pemboran kelas G.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3. Menentukan hasil uji laboratorium untuk mengetahui regresi liniear dan korelasi antara komposisi *fly ash* kelapa sawit terhadap *filtration loss* dan *free water* dengan menggunakan *sofware* minitab.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang dapat kita ambil pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai upaya pengembangan ilmu dalam perminyakan dan dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian selanjutnya.
2. Apabila penelitian ini dimanfaatkan maka dapat mengurangi pencemaran lingkungan
3. Penambahan additive fly ash kelapa sawit ke dalam campuran semen dapat mengurangi biaya karena mengurangi penggunaan bahan semen

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian yang tertera, maka dalam penelitian ini memiliki batasan yaitu :

a. Penelitian ini hanya melihat pengaruh *fly ash* kelapa sawit terhadap *filtration loss* dan *free water* dengan variasi konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15% BWOC.
b. Penelitian ini menggunakan semen pemboran kelas g.
c. Penelitian ini mengabaikan masalah keekonomian dan juga pengaruh kualitas jenis semen lainnya.
d. Penelitian ini hanya menggunakan *software* minitab untuk mengetahui regresi linier dan korelasi dari hasil uji laboratorium.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam adalah segala sesuatu yang ciptakan 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, menusia harus memelihara alam yang telah memberikan kehidupan kepada manusia karena hakikatnya semua yang ada di bumi hanyalah milik Allah SWT.

2.1. Semen pemboran kelas G

Semen pemboran kelas G ialah semen yang biasa digunakan sebagai semen dasar pada penyemenan sumur dengan kedalaman mencapai 8000 ft (2440 meter) dengan *temperature* hingga 900°C. Semen kelas G lebih unggul dibandingkan dengan semen pemboran tipe lainnya karena semen kelas G lebih mudah untuk homogen atau bercampur dengan bahan-bahan *additive*. Semen G sangat umum digunakan dalam operasi penyemenan karena sifatnya yang lebih stabil terhadap kondisi formasi dan *compatible* terhadap berbagai *additive*. (Satyawira, 2015). Bila ditambah dengan *additive*, maka semen kelas G ini dapat digunakan pada tekanan dan *temperature* yang lebih tinggi serta kedalaman yang lebih dalam. Sebagai semen dasar dan jika diperlukan dapat ditambah *additive* yang sesuai (Badu, 2008).

2.2. *Fly Ash* Kelapa Sawit

2.2.1. Sumber *Fly Ash*

Limbah padat berupa cangkang dan sabut kelapa sawit telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar di pabrik kelapa sawit semenjak pabrik

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

didirikan untuk menghasilkan listrik dan uap air yang digunakan pada proses pengolahan di pabrik (Febijanto, 2010). Abu sisa pembakaran tersebut disebut dengan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA). Abu pembakaran tersebut yang tidak dimanfaatkan dan dikelola dengan baik dapat menghasilkan kerusakan atau pencemaran lingkungan.

Didalam *boiler* pembakaran sawit terdapat dua jenis abu pembakaran yaitu *fly ash dan bottom ash*. *Fly ash* atau abu terbang adalah padatan dari sisa pembakaran yang terbawa bersama gas buang dan ditangkap oleh alat pengendali udara (*Electric Precipitator)* sebelum dibuang keudara melalui cerobong. Sedangkan *bottom ash* atau abu dasar adalah padatan dari sisa pembakaran yang keluar dari tungku dasar *boiler*, dan biasanya berupa lelehan abu yang disebut kerak (Armeyn, 2014).

Fly ash hasil pembakaran cangkang dan sabut kelapa sawit merupakan limbah padat utama hasil pembakaran *boiler*. Limbah kelapa sawit ini memiliki sifat-sifat fisik yang ditentukan oleh komposisi dan sifat mineral dalam cangkang kelapa sawit dan proses pembakarannya. Dalam proses pembakarannya, abu yang dihasilkan memiliki titik leleh yang lebih tinggi dari pada *temperature* pembakarannya. Kondisi ini menghasilkan abu dengan butiran-butiran yang sangat halus berwarna gelap dan bobot yang lebih ringan dari pada abu *bottom ash* (Telaumbanua, 2017).

Fly ash kelapa sawit umumnya dibuang di *ash lagoon* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan abu terbang/*fly ash* kelapa sawit ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang kelapa sawit sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini abu terbang kelapa sawit digunakan pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang kelapa sawit memiliki berbagai kegunaan yang amat berguna (Yunita, 2017).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.2.2. Kandungan *Fly Ash*

Dari dua jenis abu yang dihasilkan pada *boiler*, *fly ash* lebih banyak digunakan daripada *bottom ash.* Hal itu dikarenakan jumlah *fly ash* yang lebih banyak dan juga karakteristiknya. *Fly ash* juga dapat digunakan sebagai sumber silika untuk sintesis karena kandungan silika (SiO_2) yang tinggi (Zahrina, Yelmida, & Akbar, 2012).

Abu limbah kelapa sawit atau disebut juga *Palm Oil Fuel Ash* merupakan hasil pembakaran dari limbah kelapa sawit yang berasal dari *boiler* dengan *temperature* di dalam sekitar 1000^{o}C sampai 2000^{o}C. *Palm Oil Fly Ash* mengandung jumlah silika yang tinggi dan berpotensi sebagai pengganti semen dan porselin. Jumlah silika yang tinggi dapat diperoleh dari *Palm Oil Fly Ash* dengan harga murah sebagai bahan alternatif untuk banyak industri (Jamo dan Abdul, 2015).

Material *pozzolan* buatan yaitu material yang berasal dari sisa buangan industri dari material batu bara atau produk sisa pabrikasi bahan pertanian seperti kelapa sawit. Material ini mengandung unsur silika dan aluminat yang reaktif. Dalam keadaan halus (lolos saringan 0.21 mm) jika ditambahkan pada campuran semen akan bersifat seperti semen melalui proses hidraulik atau aktifitas pozzolanik atau keduanya (Waani, Elisabeth, Teknik, & Sam, 2017).

Fly ash bersifat menyerap air *ash* dan mempunyai penyerapan air yang tinggi. (Aini Sulistyowati N, 2013). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit. Menurut Yahya (2013), kandungan yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit yaitu SiO_2 sebesar 63,4%, Fe_2O_3 sebesar 6,3% (Zarina, Al Bakri, Kamarudin, Nizar, & Rafiza, 2013). Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Zahrina pada salah satu pabrik kelapa sawit di Riau terdapat kandungan silika sebesar 87,6% (Zahrina, Yelmida, & Akbar, 2012).

Pada salah satu jurnal yang ditulis oleh Farandia *et al* (2014), menuliskan dengan lebih rinci kandungan *fly ash* yang terdapat pada PKS Lubuk Raja, yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Fly Ash* Kelapa Sawit

No	Senyawa Kimia	*Persentase* (%) berat
1	SiO_2	64,36
2	Al_2O_3	4,36
3	Fe_2O_3	3,51
4	CaO	7,92
5	MgO	4,58
6	K_2O	5,57
7	P_2O_5	3,64
11	TiO_2	0,87
12	SO_3	0,04
13	H_2O	0,59

Sumber: (Farandia, Olivia, & Darmayanti, 2014)

Berdasarkan penelitiannya, perbedaan kandungan silika itu dapat terjadi karena perbedaan pada proses pengolahan, terutama pada *temperature* pembakaran. Perbandingan antara banyaknya cangkang sawit dan juga sabut kelapa sawit juga mempengaruhi, karena sabut kelapa sawit mengandung lebih banyak silika dibanding dengan cangkang kelapa sawit (Yuliana, Muhardi, & Fatnanta, 2017).

Penelitian tentang penggunaan *fly ash* terhadap semen telah sering dilakukan. Tidak hanya *fly ash* yang berasal dari pembakaran kelapa sawit, tetapi ada juga yang berasal dari pembakaran batu bara. Penggunaan *fly ash* ini beragam jumlahnya, tetapi biasanya digunakan sebanyak <25% (Roskos, Cross, Berry, & Stephens, 2011). Penggunaan yang besar dari 25% memiliki kendala seperti lamanya waktu pengerasan sehingga dapat mengakibatkan lamanya proses pengerjaan (Thomas, 2007).

2.3 *Filtration Loss*

Filtration loss adalah peristiwa hilangnya cairan dalam suspensi semen atau filtrat kedalam suatu formasi yang dilaluinya (Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering, 2005). Cairan yang dimaksud yaitu disebut dengan filtrat, cairan filtrat dari pemboran dapat masuk ke dalam formasi sebagai akibat adanya perbedaan tekanan yang cukup besar antara lubang sumur dengan formasi. Cairan ini dapat merusak formasi dengan mekanisme yaitu jika filtrat berupa air,

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

masuknya filtrat ke dalam formasi akan mendorong hidrokarbon menjahui lubang sumur dan dapat menyebabkan terjadinya pengembangan *clay* (*clay swelling*). Volume filtrat yang hilang tidak boleh terlalu banyak, karena apabila volume filtrat yang hilang dalam peristiwa *filtration loss* ini terlalu besar maka akan menyebabkan suspensi semen kekurangan air. Peristiwa dimana suspensi semen kekurangan air akibat banyaknya volume filtrat yang hilang disebut "*flash set*".

Peristiwa *filtration loss* selain kita temukan pada saat sirkulasi lumpur pemboran, pada operasi penyemenan juga kita sering menemukan kejadian ini. Hal ini mungkin saja terjadi karena misalnya tekanan hidrostatik dari semen (Ph) lebih besar dari tekanan formasi (Pf). *Filtration loss* dalam hal ini volume filtratnya harus dikontrol sedemikian rupa. Seperti halnya telah disebutkan di atas bahwa tekanan hidrostatik yang lebih besar dari tekanan formasi menyebabkan *filtration* yang besar. Untuk itu maka cara yang dapat ditempuh untuk mengatasinya adalah mengontrol besarnya densitas semen.

Pada pengujian *filtration loss* di laboratorium biasanya menggunakan alat yang disebut *filter press* dengan tekanan 1000 psi. *Filtration loss* yang diizinkan adalah sekitar 150-250 cc yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 200 *mesh.* Besarnya *filtration loss* diketahui dari volume filtrat yang ditampung dalam sebuah tabung atau gelas ukur selama 30 menit masa pengujian. Apabila waktu pengujian tidak sampai 30 menit, maka besarnya *filtration loss* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$F_{30} = Ft \frac{5.477}{\sqrt{t}} \quad \text{.....(1)}$$

dimana :

F30 = filtrat pada 30 menit, ml

Ft = filtrat pada t menit, ml

t = waktu pengukuran

Filtration loss perlu dikontrol karena apabila *filtration loss* terlalu besar maka dapat menyebabkan pecahnya formasi karena banyaknya cairan atau filtrat yang hilang ke formasi sehingga dapat menyebabkan terjadinya *lost circulation* dan naiknya viskositas suspensi hingga menimbulkan friksi di annulus. Selain itu perlunya diketahui seberapa besar *filtration loss* karena *filtration loss* berpengaruh

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

pada *thickening time*. Jika *filtration loss* besar maka akan mempercepat *thickening time* (Rubiandini, 2010). *Filtration loss* yang berlebihan dapat diatasi yaitu dengan menambahkan *additive* yang dapat menanggulangi kerusakan formasi akibat *filtration loss* yang berlebihan tersebut salah satunya dengan menggunakan *additive fly ash* kelapa sawit

2.4 *Free Water*

Free water adalah air bebas yang terpisah dari suspensi semen. Kadar air minimum adalah jumlah air yang dicampurkan tanpa menyebabkan konsistensi semen lebih dari 30 UC. Bila air yang ditambahkan lebih kecil dari kadar air minimumnya, maka akan terjadi gesekan-gesekan (friksi) yang cukup besar di annulus sewaktu suspensi semen dipompakan dan juga akan menaikkan tekanan di annulus. Kadar air maksimum adalah jumlah air yang dicampurkan sehingga bila kita ambil suspensi semen sebanyak 250 ml dan didiamkan selama 2 jam sehingga terjadi air bebas pada bagian atas tabung. Air bebas tersebut tidak boleh lebih dari 3.5 ml. Apabila harga *free water* terlalu besar melebihi batas maksimum maka akan mengakibatkan terbentuknya pori-pori pada semen karena air bebas tidak akan ikut mengeras. Pori-pori yang terjadi akan mengakibatkan permeabilitas menjadi lebih besar, sehingga menyebabkan terjadinya kontak fluida antara formasi dengan annulus, dan juga strength semen berkurang. Sedangkan apabila air yang ditambahkan lebih rendah dari kadar air minimum maka akan menyebabkan terjadinya gesekan (friksi) yang cukup besar di annulus sewaktu suspensi semen dipompa dan juga akan menaikkan tekanan di annulus. Dengan adanya *free water* dipermukaan semen akan memperburuk hasil penyemenan, terutama pada sumur miring atau sumur horizontal sehingga akan menimbulkan *channeling* yang cukup panjang terutama pada bagian atas suspensi semen.

Hal tersebut mengakibatkan fungsi semen tidak seperti yang diinginkan yaitu menyekat fluida formasi yang korosif dengan casing. Oleh karena itu dalam hasil penyemenan, permeabilitas semen yang diinginkan adalah tidak ada atau sekecil mungkin. Bertambahnya permeabilitas semen dapat disebabkan karena air pencampur terlalu banyak, karena kelebihan *additive* atau *temperature* formasi yang terlalu tinggi.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan *free water* ini adalah WCR (*Water Cement Ratio*), yaitu perbandingan air yang dicampur terhadap bubuk semen sewaktu suspensi semen dibuat. Jumlah air yang dicampur tidak boleh melebihi kadar air maksimum atau kurang dari kadar air minimum yang telah ditetapkan karena akan mempengaruhi baik ataupun buruknya ikatan penyemenannyanya. Densitas semen pemboran juga memiliki pengaruh terhadap *free water*, hal ini terjadi pada saat tekanan suspensi semen ke dalam lubang bor. Densitas yang ringan akan berpotensi membentuk *free water* yang lebih besar sedangkan densitas semen pemboran yang besar akan menurunkan potensi *free water* atau dapat dikatakan memperkecil *free water*.

Pembuatan semen perlu memperhatikan WCR (*Water Cement Ratio*) semen yang digunakan. Penyebab dari naiknya jumlah *free water* ialah bisa dikarenakan tidak bersihnya *pumping washer*, kebocoran pada plug, dan p*umping spacer* yang tidak bekerja dengan baik merupakan faktor yang menyebabkan jumlah *free water* pada semen meningkat.

Di dunia perminyakan kita perlu mengetahui *free water* pada setiap suspensi semen pemboran, karena untuk mengetahui berapa persen kadar air yang telah didapatkan. Kadar air maksimum yang diinginkan dari suspensi semen pemboran adalah 1.4 %. Adapun persamaan untuk menghitung kadar persen dari free water yaitu :

$$\%\ Free\ Water = \frac{Vol.\ Free\ Water}{Vol.\ Suspensi\ Semen} \times 100\ \% \quad \text{.....(2)}$$

Apabila didunia perminyakan terdapat harga *free water* melebihi batas maksimal maka akan terjadi *water pocket* dan *channeling*. *Water pocket* merupakan kondisi dimana pada semen pemboran terdapat gelembung-gelembung sehingga semen tidak tahan lama. Sedangkan *channeling* merupakan kondisi dimana pada semen terdapat lubang-lubang kecil. Ini menyebabkan suspensi semen memiliki permeabilitas besar, dan dapat berakibat kekuatan dari semen tidak sempurna untuk memisahkan atau menyekat lubang dari fluida formasi yang korosif yang bisa menyebabkan peralatan pemboran berkarat. Dalam hal ini semen biasanya bersifat rapuh (Rubiandini, 2010).

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.5 Analisis Regresi Dan Korelasi Menggunakan Minitab

Statisika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana merencanakan, mengumpulkan, menganalisis dan mempresentasikan 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*.

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 statistika, 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.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.6 *State Of The Art*

Pada penelitian (Novrianti, 2017) dalam beberapa tahun terakhir upaya-upaya besar telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan semen pemboran dengan tambahan material yang bersifat pozzolanik (*additive*) pada semen bersama-sama dengan tambahan bahan kimiawi pada campuran bubur semen. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melakukan penelitian dan percobaan menggunakan partikel nanosilica (SiO2), Oksida besi (Fe2O3), dan aluminium oksida (Al2O3) telah banyak digunakan untuk meningkatkan *strength* dan mengurangi *filtration loss* pada saat operasi penyemenan. Bahan *additive* yang mempunyai komposisi kimia silika oksida (SiO2), Oksida besi (Fe2O3), dan aluminium oksida (Al2O3) lebih tinggi dari 70% dapat dimanfaatkan sebagai bahan *additive*. Penulis menunjukkan bahwa nilai *free water* maksimum diperoleh pada saat arang cangkang kelapa sawit dipanaskan pada *temperature* 700^{o}C. Nilai *free water* yang diperoleh adalah 3.2 ml.

Pada Penelitian (Ahdaya, Imqam, Jani, Fakher, & Elgawady, 2019) mengembangkan formulasi baru geopolimer berbasis abu terbang dan menyelidiki penerapannya sebagai semen Portland alternatif dalam semen hidrokarbon. Berdasarkan hasil penelitian penulis, salah satunya meningkatkan rasio natrium silikat menjadi natrium hidroksida yang secara signifikan mengurangi kehilangan cairan. Desain geopolimer yang optimal, yang memiliki kehilangan cairan yang lebih rendah yaitu 93 ml setelah 30 menit. Hasil perilaku *rheology*, kuat tekan, dan kehilangan cairan mengindikasikan bahwa geopolimer berbasis *fly ash* berpotensi untuk menjadi alternatif yang ramah lingkungan terhadap semen Portland ketika menyemen sumur minyak.

Pada penelitian (Cho, Shah, Jeong, & Significance, 2000) menjelaskan tentang pemahaman komprehensif karakteristik *fly ash* sebagai bahan semen, percobaan ini melibatkan komposisi kimia, distribusi ukuran, kekuatan tekan, waktu penebalan, daya tahan, dan *rheology* dari *fly ash*. Salah satu hasil dari penelitian ini terhadap *filtration loss* dan *free water* dari setiap sumber *fly ash* masih berada dalam nilai yang direkomendasikan yaitu untuk *filtration loss* masih dibawah 150-250 ml dan untuk *free water* masih dibawah 3,5 ml

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

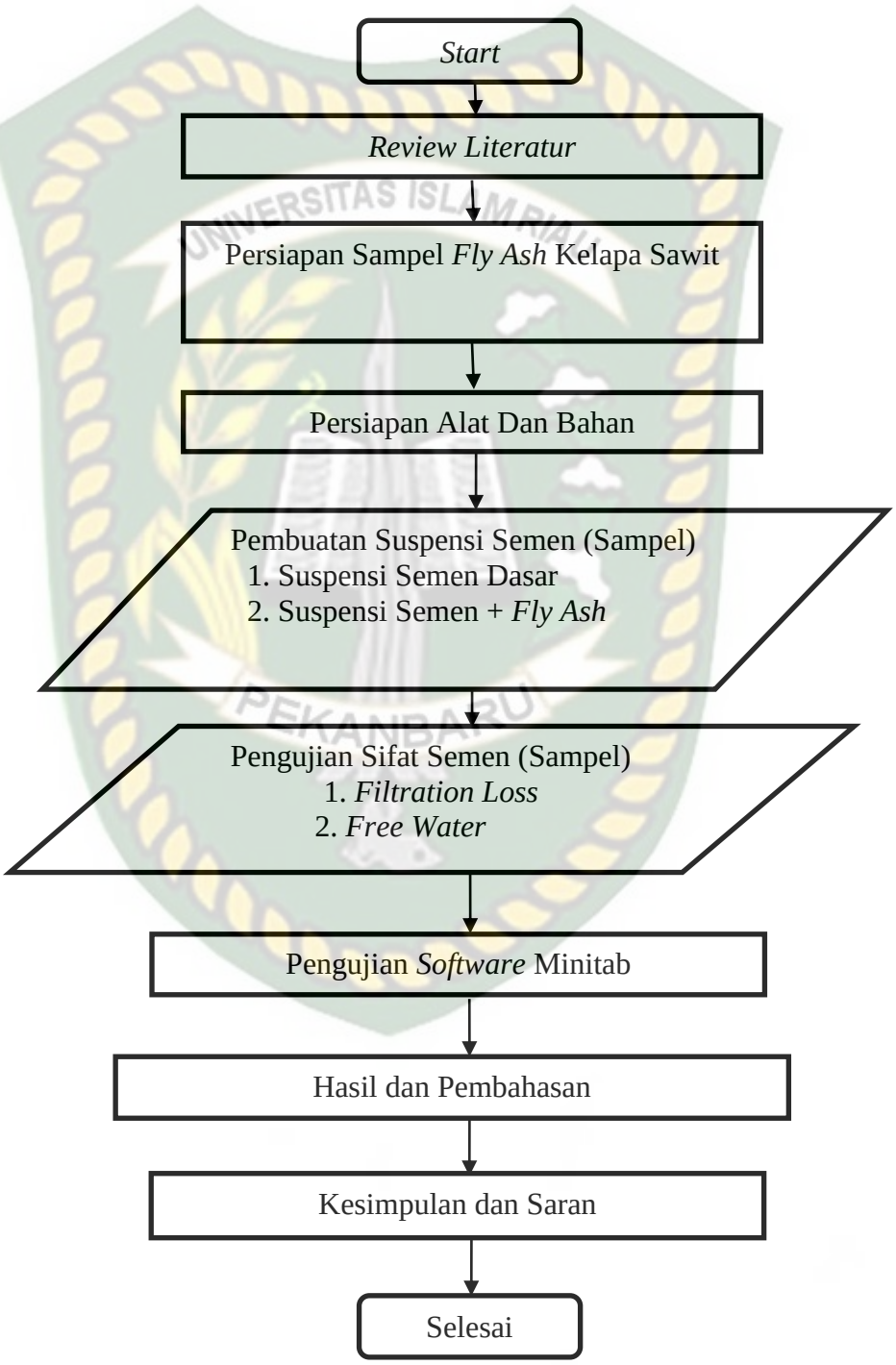
Pada penelitian (Jangid & Jr, 2013) menyebutkan bahwa penambahan *fly ash* dalam bubur semen dapat meningkatkan kekuatan tekan, ketahanan sulfat, mengurangi permeabilitas semen sehingga dapat mengurangi *filtration loss* dan *free water*.

Pada penelitian Usman (2018) pada penambahan *fly ash* 10% ternyata mampu meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dengan tanpa penambahan *fly ash.* Namun demikian, penambahan *fly ash* pada pembuatan beton secara berlebihan justru akan menurunkan kekuatan beton itu sendiri. Hal ini disebabkan karena semakin besar jumlah *fly ash* yang ditambahkan berarti semakin sedikit jumlah semennya, sehingga trikalsium silikat (C_3S) dan dikalsium silikat (C_2S) yang merupakan senyawa yang bertanggung jawab terhadap kekuatan beton akan menurun dan daya ikatan tidak berjalan dengan sempurna (Munir, 2008). Penambahan *fly ash* kelapa sawit yang banyak akan mangakibatkan banyaknya unsur silika yang tidak dapat bereaksi dengan kalsium sehinghga *fly ash* tidak dapat mengikat semen dan dapat mengakibatkan terjadinya *filtration loss.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Universitas Islam Riau

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.2 Metodelogi Penelitian

Metode dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah *Experiment Research*. Sedangkan, teknik pengumpulan data yang termasuk data primer seperti data yang didapat dari hasil penelitian, buku referensi, jurnal, makalah yang sesuai dengan topik penelitian. Setelah hasil didapat, dilakukan evaluasi data yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. *Mud Mixer*

Fungsi : pencampur/ pengaduk media lumpur.

Gambar 3.2 *Mud Mixer*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR, 2019)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2. Gelas Ukur

Fungsi : Untuk mengukur kadar volume *filtrat* atau zat cair lainnya.

Gambar 3.3 Gelas Ukur

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3. Timbangan Digital

Fungsi : Untuk melakukan penakaran / pengukuran pada zat yang akan diteliti.

Gambar 3.4 Timbangan *Digital*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4. *Sieve*

Fungsi : Untuk menyaring atau memilah sample sehingga di dapatkan kehalusan yang di inginkan.

Gambar 3.5 *Sieve*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

5. LPLT (*Low Pressure Low Temperature*)

Fungsi : Untuk menganalisa ukuran *mud cake* dan *volume filtrat* pada kondisi lumpur tertentu.

Gambar 3.6 LPLT

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

6. *Filter Paper*

Fungsi : Dipergunakan untuk penyaring agar *filtrat* lumpur tidak ikut turun bersama *filtrat* air pada alat LPLT.

Gambar 3.7 *Filter Paper*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

7. *Oven*

Fungsi : Untuk pemanasan / pengeringan *sample* yang akan diolah.

Gambar 3.8 *Oven Furnance*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

8. *Stopwatch*

Fungsi : Untuk acuan waktu, penghitung durasi dalam detik, menit, dan jam.

Gambar 3.9 *Stopwatch*

(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3.3.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Semen klasifikasi API kelas G
2. Air
3. *Polypropylene glycol* (PPG)

PPG berguna untuk mengatasi *foam* pada saat pengadukan semen, yang mana jika terbentuk *foam*, maka saat suspensi semen tersebut akan terbentuk pori-pori pada semen.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.10 *Polypropylene glycol (PPG)*

4. *Fly Ash* Kelapa sawit

Fly ash kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari PKS Tasma Puja, Kampar.

Gambar 3.11 *Fly ash* kelapa sawit

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Persiapan *Fly Ash*

Pertama-tama *fly ash* dimasukkan kedalam oven dengan *temperature* 100^{o}C. selama satu jam untuk mengurangi kadar air. Kemudian saring dengan menggunakan *sieve* nomor 200 *mesh.* Sebelum digunakan, simpan pada wadah kering dan tertutup (Meisrilestari Yessi, 2013).

3.4.2. Pengujian *Filtration loss*

Menurut Rubiandini (2010), Pengujian *filtration loss* di laboratorium dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat suspensi semen dari semen G, air, ppg dan *fly ash* dengan menggunakan *mixer*.
2. Mempersiapkan peralatan *filter press* dan segera memasang *filter paper* didasar silinder dan meletakkan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung fluida filtrat.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3. Menuangkan suspensi semen kedalam silinder dan segera menutup rapat. Kemudian mengalirkan udara atau gas N_2 dengan tekanan 1000 psi.
4. Mempersiapkan *stopwatch*, kemudian mencatat volume filtrat dengan interval pengamatan setiap 2 menit pada 10 menit pertama, kemudian setiap 5 menit untuk 20 menit selanjutnya. Mencatat volume pada menit ke-25.
5. Volume filtrat yang ditampung dalam gelas ukur selama 30 menit masa pengujian adalah harga *filtration loss*. Harga *filtration loss* yang memiliki waktu pengujian tidak sampai 30 menit, maka diketahui dengan menggunakan persamaan.
6. Menghentikan penekanan udara atau gas N_2, membuang tekanan udara dalam silinder dan menuangkan sisa suspensi semen yang di dalam silinder kedalam *breaker.*

3.4.3. Pengujian *Free Water*

Menurut Rubiandini (2010), pengujian *free water* di laboratorium dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a Membuat suspensi semen dari semen G, air, ppg dan *fly ash* dengan menggunakan *mixer*.
b Mempersiapkan tabung ukur dan mengisi tabung tersebut dengan suspensi semen sebanyak 250 ml untuk melihat kadar airnya.
c Melihat air bebas pada bagian atas tabung setelah didiamkan selama 2 jam, kemudian catat harga air bebas yang terbentus.
d *Free water* yang terjadi tidak boleh lebih dari 3.5 ml.

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pemboran Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu September sampai November 2019.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.6 Jadwal Kegiatan

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Studi Literatur								
Membuat Sampel								
Pengujian Sampel								
Pengumpulan data								
Membuat Laporan Hasil								

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan pembahasan mengenai pengujian pengaruh penambahan *fly ash* kelapa sawit terhadap *filtration loss* dan *free water*. Adapun variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit yang digunakan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* kelapa sawit terhadap *filtration loss* dan *free water* pada konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dan 15% . Penulis mengharapkan penelitian ini dapat menjadi pilihan alternatif untuk *additive* semen pemboran yang lebih ekonomis dan mudah didapatkan.

4.1 Pengujian *Filtration loss*

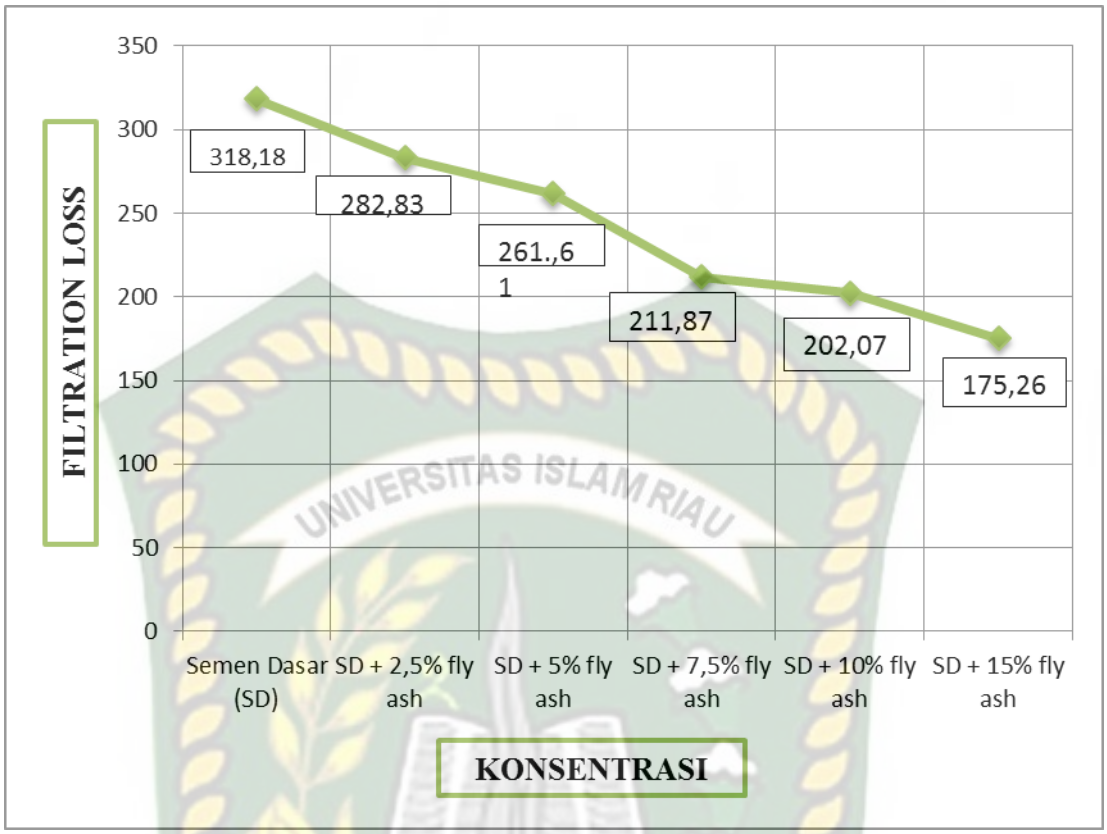
Filtration loss adalah kehilangan sebagian dari fasa cair (filtrat) semen masuk kedalam formasi permeabel. Pengukurannya dilakukan dengan standar *filter press*, dimana semen ditempatkan pada silinder yang dasarnya dipasang kertas saring dan bagian atas tabung diberikan tekanan udara/gas. Selanjutnya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

Pengujian *filtration loss* pada semen dasar dan semen yang ditambahkan dengan konsentrasi *fly ash* kelapa sawit yang terdiri dari konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15% bwoc.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan nilai *Filtration loss* Semen Dasar ditambah *fly ash* kelapa sawit

Komponen	**SD (Semen Dasar)**	**SD + 2,5% *fly ash***	**SD + 5% *fly ash***	**SD + 7,5% *fly ash***	**SD + 10% *fly ash***	**SD + 15% *fly ash***
Ft	225	200	185	173	165	160
T	15	15	15	20	20	25
F 30	318,18	282,83	261,61	211,87	202,07	175,26

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.1 Nilai *Filtration Loss*

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa komposisi semen dasar tanpa campuran *fly ash* menunjukkan nilai *filtration loss* 318,18 ml, kemudian di lakukan dengan penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap penurunan nilai *filtration loss*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 2,5% *fly ash* kelapa sawit di peroleh nilai *filtration loss* sebesar 282,83 ml, penambah 5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *filtration loss* sebesar 261,61 ml, penambahan 7,5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *filtration loss* sebesar 211,87 ml, penambahan 10% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *filtration loss* sebesar 202,07 ml, dan penambahan 15% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *filtration loss* sebesar 175,26 ml. Sesuai pada gambar diatas dapat di lihat bahwa setiap penambahan konsentrasi dapat menurunkan nilai *filtration loss.* Namun, hanya penambahan pada konsentrasi 7,5% ,10% dan 15% *fly ash* kelapa sawit yang diizinkan dalam *filtration loss* karena dibawah 250 ml.

Terjadinya penurunan nilai *filtration loss* ini dikarenakan silika yang terkandung dalam *fly ash* kelapa sawit terlalu banyak ditambahkan dalam

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

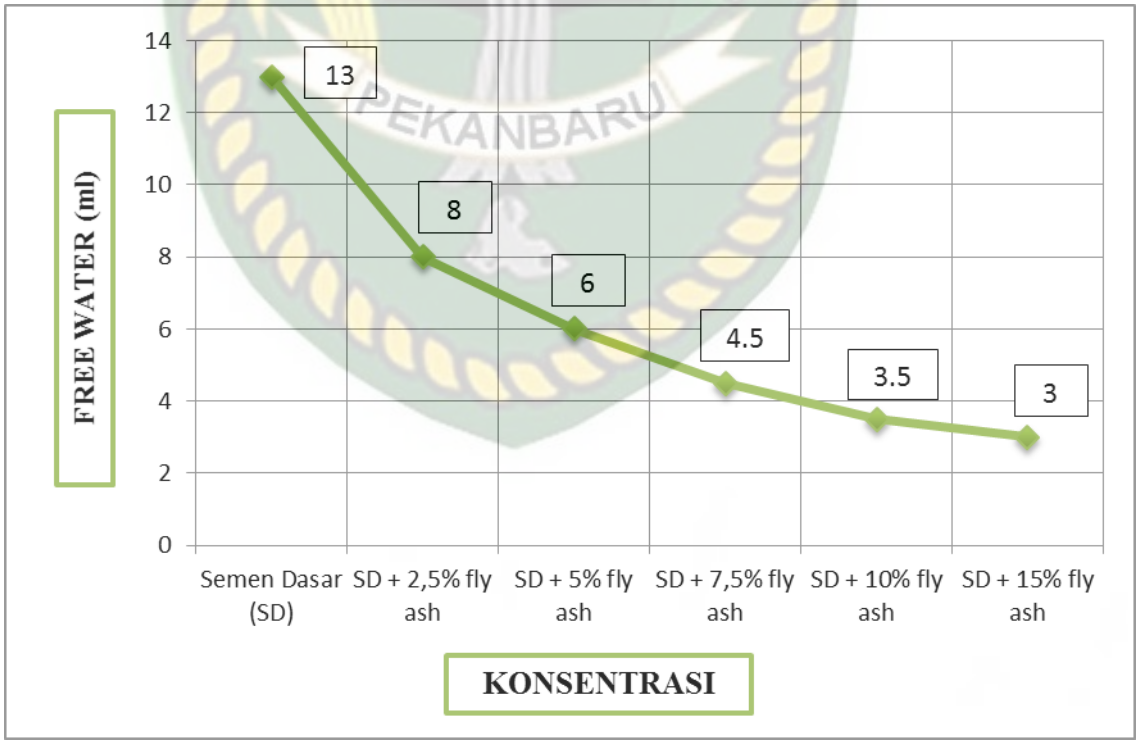
campuran semen, dikarenakan silika sifatnya menyerap (*absorb*) air. (Safiuddin, Salam & Jumaat, 2013).

4.2 Pengujian *Free water*

Pengujian *free water* pada semen dasar dan semen yang ditambahkan dengan konsentrasi *fly ash* kelapa sawit yang terdiri dari konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15% bwoc.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai *free water* semen dasar ditambah *fly ash* kelapa sawit

Komponen	**SD (Semen Dasar)**	**SD + 2.5% *Fly ash***	**SD + 5% *Fly ash***	**SD + 7.5% *Fly ash***	**SD + 10% *Fly ash***	**SD + 15% *Fly ash***
***Free Water* (ml)**	13	8	6	4.5	3.5	3
Free Water* *(%)	5,2 %	3,2 %	2,4 %	1,8 %	1,4 %	1,2 %



Gambar 4.2 Nilai *Free Water*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa komposisi semen dasar tanpa campuran *fly ash* menunjukkan nilai *free water* 13 ml, kemudian di lakukan dengan penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap penurunan nilai *free water*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 2,5% *fly ash* kelapa sawit di peroleh nilai *free water* sebesar 8 ml, penambah 5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *free water* sebesar 6 ml, penambahan 7,5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *free water* sebesar 4,5 ml, penambahan 10% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *free water* sebesar 3,5 ml, dan penambahan 15% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *free water* sebesar 3 ml.

Dapat dilihat hasil dari pengujian *free water* dengan penambahan konsentrasi *additive fly ash* kelapa sawit menunjukan terjadi penurunan volume filtrat yang cukup signifikan disetiap konsentrasi. Di lihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan *additive fly ash* kelapa sawit dapat mengurangi *free water*. Namun sesuai pernyataan diatas, yang termasuk dalam *range free water* ada pada konsentrasi 10% dan 15% karena semakin banyaknya penambahan unsur silika yang terkadung dalam *fly ash* kelapa sawit yang ditambahkan dalam campuran semen akan lebih bagus, dikarenakan silika sifatnya menyerap (*absorb*) air (Reza & Tarigan, 2014).

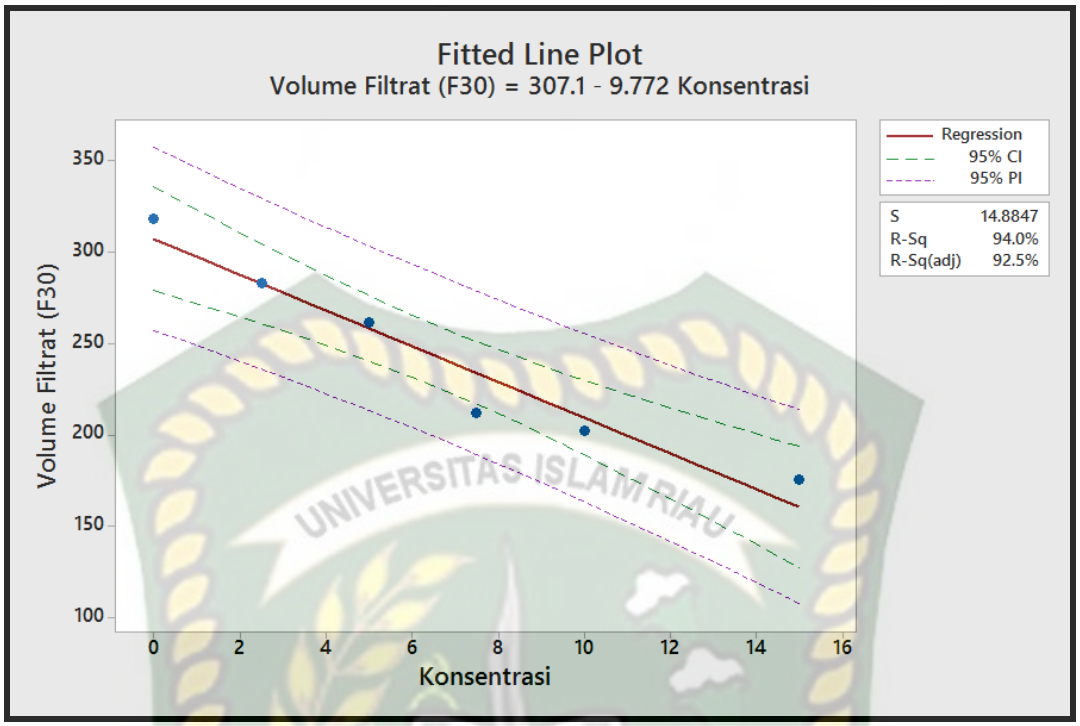
4.3 Analisis Regresi dan Korelasi Antara Parameter Uji Terhadap Konsentrasi

Dalam penelitian ini data yang di dapat kemudian dianalisa menggunakan *sofware* Minitab dengan analisis regresi dan korelasi. Dalam penelitian ini analisa regresi dan korelasi dilakukan pada parameter uji yaitu *filtration loss* dan *free water* terhadap konsentrasi *fly ash.* Parameter-parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut

4.3.1. *Filtration Loss* Terhadap Konsentrasi

Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% *fly ash* kelapa sawit. Dari pengujian konsentrasi tersebut dilakukan pengujian regresi dan korelasi terhadap hasil *filtration loss.* Berikut hasil dari analisis regresi dan korelasi pada konsentrasi terhadap *filtration loss.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.3 *Fitted Line Plot Filtration loss Versus Konsentrasi*

Dari gambar diatas pada penambahan *additive fly ash* kelapa sawit sebanyak 2,5% didapatkan nilai *filtration loss* sebesar 282,83 ml terjadi penurunan sampai dengan penambahan 15% *fly ash* kelapa sawit yaitu sebesar 175,26 ml. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka volume filtrat yang didapat semakin berkurang.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

```
Welcome to Minitab, press F1 for help.

Regression Analysis: Volume Filtrat (F30) versus Konsentrasi

The regression equation is
Volume Filtrat (F30) = 307.1 - 9.772 Konsentrasi


S = 14.8847   R-Sq = 94.0%   R-Sq(adj) = 92.5%


Analysis of Variance

Source       DF       SS       MS      F      P
Regression    1  13925.3  13925.3  62.85  0.001
Error         4    886.2    221.6
Total         5  14811.5


Fitted Line: Volume Filtrat (F30) versus Konsentrasi


Correlation: Konsentrasi, Volume Filtrat (F30)

Pearson correlation of Konsentrasi and Volume Filtrat (F30) = -0.970
P-Value = 0.001
```

Gambar 4.4 *Regression Analysis Filtration loss Versus Konsentrasi*

Dilihat pada *output sofware* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai p yaitu sebesar 0,001 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 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 kecil atau sama dari tingkat signifikansi (α) maka hipotesis nol diterima. Namun jika nilai probabilitas lebih besar dibandingkan tingkat signifikansi maka hipotesis nol ditolak (Rosmaini, 2016). Nilai *p-value* sebesar 0,001 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.

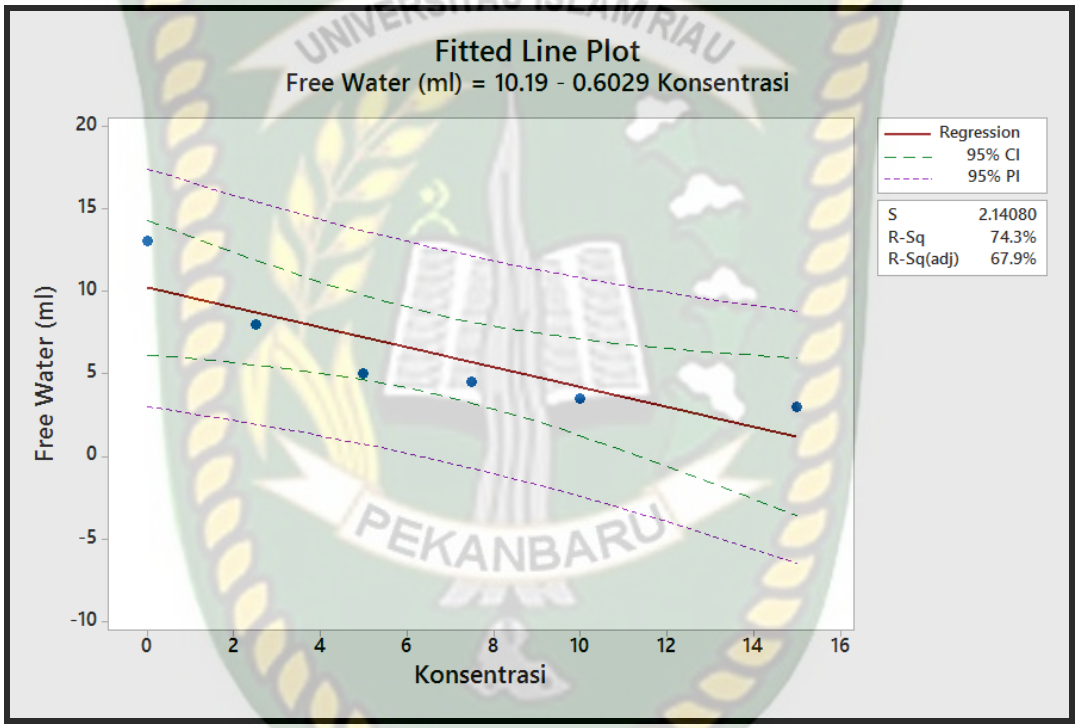
Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 92,5% yang artinya variabel *filtration loss* dapat dijelaskan sebesar 92,5% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 7,5% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *filtration loss* = 307,1 - 9,772 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

memberikan pengaruh negatif terhadap *filtration loss* yaitu sebesar 9,772. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,970 atau bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *filtration loss* dan variabel konsentrasi meningkat.

4.3.2. *Free Water* Terhadap Konsentrasi

Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% *fly ash* kelapa sawit. Dari pengujian konsentrasi tersebut dilakukan pengujian regresi dan korelasi terhadap hasil *free water*. Berikut hasil dari analisis regresi dan korelasi pada konsentrasi terhadap *free water*.



Gambar 4.5 *Regression Analysis Free Water Versus* Konsentrasi

Dari gambar diatas pada penambahan *additive fly ash* kelapa sawit sebanyak 2,5% didapatkan nilai *free water* sebesar 8 ml terjadi penurunan sampai dengan penambahan 15% *fly ash* kelapa sawit yaitu sebesar 3 ml. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka *free water* yang didapat semakin berkurang.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Regression Analysis: Free Water (ml) versus Konsentrasi

The regression equation is
Free Water (ml) = 10.19 - 0.6029 Konsentrasi

S = 2.14080 R-Sq = 74.3% R-Sq(adj) = 67.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	53.0012	53.0012	11.56	0.027
Error	4	18.3321	4.5830		
Total	5	71.3333			

Fitted Line: Free Water (ml) versus Konsentrasi

Correlation: Konsentrasi, Free Water (ml)

Pearson correlation of Konsentrasi and Free Water (ml) = -0.862
P-Value = 0.027

Gambar 4.6 *Regression Analysis Free Water Versus Konsentrasi*

Dilihat pada *output sofware* di atas dalam *analysis of variance* diperoleh nilai signifikansi atau p yaitu sebesar 0,027 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu digunakan *confidence level* sebesar 95% atau 0,05. Berarti nilai dari *P-value* lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa adanya perubahan yang signifikan pada perubahan parameter tersebut dengan demikian model persamaan regresi berdasarkan data penelitian adalah signifikan. Artinya, model regresi linear memenuhi kriteria liniearitas.

Kemudian di dapatkan nilai *R-sq (adj)* 67,9% yang artinya variabel *free water* dapat dijelaskan sebesar 67,9% oleh variabel konsentrasi. Sisanya 32,1% dijelaskan oleh variabel lain selain dari konsentrasi. Persamaan yang didapat adalah *free water* = 10,19 - 0,6029 konsentrasi, berarti kenaikan 1 konsentrasi memberikan pengaruh negatif terhadap *free water* yaitu sebesar 0,6029. Dalam pengujian didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,862 atau bernilai negatif yang artinya penurunan variabel *free water* dan variabel konsentrasi meningkat.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

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. Berdasarkan hasil penelitian ini *additive fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap *filtration loss*. Hasil pengujian *filtration loss* pada konsentrasi 0% yaitu 318,18 ml/menit, 2.5% yaitu 282,83 ml/menit, 5% yaitu 261,61 ml/menitt, 7,5% yaitu 211,87 ml/menit, 10% yaitu 202,07 dan konsentrasi 15% yaitu 175,26 ml/menit. Dapat dilihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan *additive fly ash* kelapa sawit dapat mengurangi *filtration loss*. Namun hanya penambahan *additive fly ash* kelapa sawit di 7,5%, 10% dan 15% yang diizinkan dalam *filtration loss* karena dibawah 250 ml.
2. Berdasarkan hasil penelitian ini *additive fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap *free water*. Hasil pengujian *free water* pada konsentrasi 0% yaitu 13 ml , 2,5% yaitu 8 ml, 5% yaitu 6 ml, 7,5% yaitu 4,5 ml, 10% yaitu 3,5 ml dan konsentrasi 15% yaitu 3 ml , Dapat dilihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan *additive fly ash* kelapa sawit dapat mengurangi *free water*, namun di pengujian pada konsentrasi 10% dan 15% yang termasuk dalam *range free water yaitu* 3,5 ml dan 3 ml.
3. Dari hasil uji laboratorium dengan menggunakan *software* Minitab didapatkan hasil regresi linear yang signifikan, konsentrasi 0-15% didapatkan persamaan *filtration loss* = 307,1 - 9,772 konsentrasi, nilai korelasi sebesar -0,970, *P-value* 0,001. Hasil regresi linear untuk *free water* dengan konsentrasi 0-15% didapatkan persamaan *free water* = 10,19 - 0,6029, nilai korelasi sebesar -0,862, *P-value* 0,027.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan untuk membahas antara lain:

1. Peneliti selanjutnya bisa menghitung seberapa besar potensi *additive fly ash* kelapa sawit terhadap *thickening time*.
2. Menganalisa perbandingan keekonomian penggunaan *additive fly ash* kelapa sawit dengan *fly ash* kelapa sawit standar industri sebagai bahan *additive* di semen pemboran kelas G.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Armeyn., 2014. Kuat Tekan Beton Dengan *Fly ash* Ex. PLTU Sijantang Sawahlunto. Jurnal Momentum, Vol. 16, No. 2. ISSN: 1693-752X.

Aini Sulistyowati N, 2013. Bata beton berlubang dari abu batubara (*fly ash* dan bottom ash) yang ramah lingkungan, 87–96.

Ahdaya, M. S., Imqam, A., Jani, P., Fakher, S., & Elgawady, M. (2019). IPTC-19393-MS New Formulation of *Fly ash* Class C Based Geopolymer for Oil Well Cementing.

Badu, K. (2008). Hanbook of Advanced Drilling. Cepu.

Cho, H., Shah, S. N., Jeong, Y., & Significance, E. (2000). OTC 14283 Developed Wellbore Abandonment Grout with *Fly ash*, 1–10.

Farandia, R. Y., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2014). Kinerja Beton High Volume POFA. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik dan Sains*.

Febijanto, I. (2010). Pemanfaatan Potensi Gas Metana di Pabrik Kelapa Sawit Sei Silau, PTPN3 Sumatera Utara. *J. Tek. Ling*, 459-474.

Heriot Watt Institute of Petroleum Engineering. 2005. Drilling Engineering. Heriot Watt University: United Kingdom.

Jangid, G. K., & Jr, S. R. M. (2013). SPE 167203 Highly Reactive fly ash Material Improves Economics of Lightweight Cementing With Lower Carbon Footprint.

Jamo, Hassan Usman., Abdul, S.G., 2015. Characterization of A Treated Palm Oil Fuel Ash. Sience World Journal, Vol. 10, No. 1. ISSN: 1597-6343.

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.

Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia, *2*. Wahyuni, T., Agoestanto, A., & Pujiastuti, E. (2018). Analisis Regresi Logistik Terhadap Keputusan Penerimaan Beasiswa PPA di FMIPA Unes Menggunakan Sofware Minitab. *Prosiding Seminar Nasional Matematika,1,755-764.*

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Novrianti. (2017). *Studi Laboratorium Pengaruh Nanocomposite Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Free Water dan Kekuatan Semen Pemboran.*

Rakhmansyah, R., & Aboekasan, W. (2015). Evaluasi Hasil Penyemenan Liner 4 ½ " Di Sumur " X " St (Sidetrack) Dengan Inklinasi Sebesar 76 °, 484–488

Reza, M., R.K., & Tarigan, J. (2014). Pengaruh Limbah Abu *Boiler* dan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Dalam Campuran Beton. Fakultas Teknik Sipil. USU Medan.

Rosenberg, A. (2010, May 8). *Using Fly Ash in Concrete*. Retrieved 12 29, 2018, from National Precast Concrete Association: https://precast.org/2010/05/using-fly-ash-in-concrete/

Roskos, C., Cross, D., Berry, M., & Stephens, J. (2011). Identification and Verification of Self-Cementing Fly Ash Binders for " Green " Concrete. *World of Coal Ash Conferrence*. Retrieved from http://www.flyash.info/

Rubiandini, R. (2010). *Teori Umum Semen Dan Penyemenan.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Safiuddin, M., Salam, M., & Jumaat, Z. (2011). Utilization of Palm Oil Fuel Ash in Concrete: A Review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 234-247.

Samura, L., Ainurridha, K. A., & Zabidi, L. (2017). Pengujian Compressive Strength dan Thickening Time pada Semen Pemboran Kelas G dengan Penambahan Additif Retarder. *Jurnal Petro 2017*, 49-54.

Satyawira, Agam, & Listiana. (2015). Pengaruh Penambahan Accelerator "Cacl2", "Nacl", Dan "Nano3" Sebagai *Additive* Semen Kelas B Terhadap Thickening Time, Compressive Strength, Dan Rheology Bubur Semen Dengan Variasi *Temperature* (Bhct) Laboratorium Pemboran Dan Produksi. Fakultas Kebumian dan Energi, Teknik Perminyakan Trisakti.

Subekti, P . (2016). Perbandingan Perhitungan Matematis dan SPSS Analisis Regresi Linear. (June).

Statistik Kelapa Sawit Indonesia. (2015). Indonesia: Badan Pusat Statistik.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Telaumbanua, J. J. (2017). *Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Warna Pada Limbah Cair Buatan.* Sumatera Utara.

Thomas, M. (2007). Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. *Portland Cement Association, Publication IS 548*, 24 pages. https://doi.org/10.1016/0009-2614(86)85022-9

Usman. (2018). Potensi Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Bahan Substitusi Dan Bahan Pengisi (Filler) Pada Pembuatan Beton.

Waani, J. E., Elisabeth, L., Teknik, F., & Sam, U. (2017). Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen pada Kinerja Campuran Semen, *24*(3), 237–246. https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.7

Wahyuni, T., Agoestanto, A., & Pujiastuti, E. (2018). Analisis Regresi Logistik Terhadap Keputusan Penerimaan Beasiswa PPA di FMIPA Unes Menggunakan Sofware Minitab. *Prosiding Seminar Nasional Matematika,1,755-764.*

Wolf, D. De, & Mohamed, M. (2014). Crisis Management : Lessons Learnt From The BP Deepwater Horizon Spill Oil, (November). Https://Doi.Org/10.5296/Bms.V4i2.4950

Yuliana, R., Muhardi, & Fatnanta, F. (2017). Karakteristik Fisis dann Mekanis Abu Sawit (*Palm Oil Fly Ash*) dalam Geoteknik.

Yunita, E. (2017). Pembakaran Batubara Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Pt . Semen Tonasa.

Zahrina, I., Yelmida, & Akbar, F. (2012). Sintesis ZSM-5 dari Fly Ash Sawit Sebagai Sumber Silika dengan Variasi Nisbah Molar Si/Al dan *Temperature* Sintesis. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 94-99.

Zarina, Y., Al Bakri, A. M., Kamarudin, H., Nizar, I. K., & Rafiza, A. R. (2013). Review on the Various Ash From Palm Oil Waste As Geopolymer Material. *Rev. Adv. Mater. Sci 34*, 37-43.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :