

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ADDITIF *FLY ASH*
BATU BARA TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *FREE*
WATER PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MUHARRAM ZAKARIA

NPM 143210654



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

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, ST. MT selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademik saya yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberikan masukan dan mengoreksi penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim dan Novrianti, ST. MT selaku Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang telah menyediakan sarana serta prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian tugas akhir ini
4. Bapak Idham Khalid, ST. MT sebagai Kepala Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.
5. Orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral.
6. Teman-Teman saya 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, Desember 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 METODOLOGI PENELITIAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>FLY ASH</i> BATU BARA.....	5
2.1.1 Sumber <i>Fly Ash</i>	5
2.1.2 Kandungan <i>fly ash</i> batu bara.....	7
2.2 <i>FILTRATION LOSS</i>	8
2.3 <i>FREE WATER</i>	9
2.4 <i>STATE OF THE ART</i>	10
2.5 ANALISIS REGRESI DAN KORELASI MENGGUNAKAN MINITAB.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	13
3.2 BAHAN DAN PERALATAN	13
3.2.1 Bahan	13
3.2.2 Peralatan	15

3.3	PROSEDUR PENELITIAN.....	18
3.3.1	Persiapan <i>Fly Ash</i>	18
3.3.2	Pengujian <i>Filtration Loss</i>	19
3.3.3	Pengujian Free Water	20
BAB IV	.....	21
4.1	<i>Filtration loss</i>	21
4.2	<i>Free Water</i>	22
4.3	Analisis Regresi dan Korelasi Antara Parameter dan Uji Terhadap Massa.....	24
4.3.1.	<i>Filtration loss</i>	24
4.3.2	<i>Free Water</i>	26
BAB V	.....	29
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	.....	30
LAMPIRAN I	.....	33
LAMPIRAN II	.....	46
LAMPIRAN III	.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir	4
Gambar 2.1 Batu Bara	6
Gambar 2.2 Proses pembakaran batu bara (Wardani, 2008).	6
Gambar 3.1 <i>Polypropylene glycol (PPG)</i>	14
Gambar 3.2 <i>Fly ash</i> batu bara.....	15
Gambar 3.3 Timbangan Digital	16
Gambar 3.4 <i>Constant speed Mixer</i>	16
Gambar 3.5 LPLT.....	17
Gambar 3.6 <i>Filter Paper</i>	17
Gambar 3.7 Gelas Ukur.....	17
Gambar 3.8 <i>Stopwatch</i>	18
Gambar 4.1 Hasil dari pengaruh <i>fly ash</i> Batu bara pada <i>Filtration loss</i>	22
Gambar 4.2 Hasil dari pengaruh <i>Fly ash</i> Batu bara pada <i>Free Water</i>	23
Gambar 4.3 <i>Fitted line plot</i> konsentrasi Vs <i>Filtration loss</i>	24
Gambar 4.1 <i>Regretion Analysis</i> <i>Filtration loss</i> vs Konsentrasi	25
Gambar 4.2 <i>Fitted Line Plot</i> Vs <i>Free Water</i>	26
Gambar 4.3 <i>Regression Analysis</i> <i>Free Water</i> Vs <i>Konsentrasi</i>	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia <i>Fly Ash Batu bara</i>	8
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir.....	13
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Pengujian <i>Filtration Loss</i> Suspensi Semen G dengan penambahan <i>Fly ash</i> Batu bara.....	21
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan dari Pengujian dari <i>Free Water</i> pada Penambahan <i>Fly ash</i> Batu bara.....	23
Tabel 4.3 Analisis Regresi dan Korelasi antara Parameter Uji Terhadap Konsentrasi	28



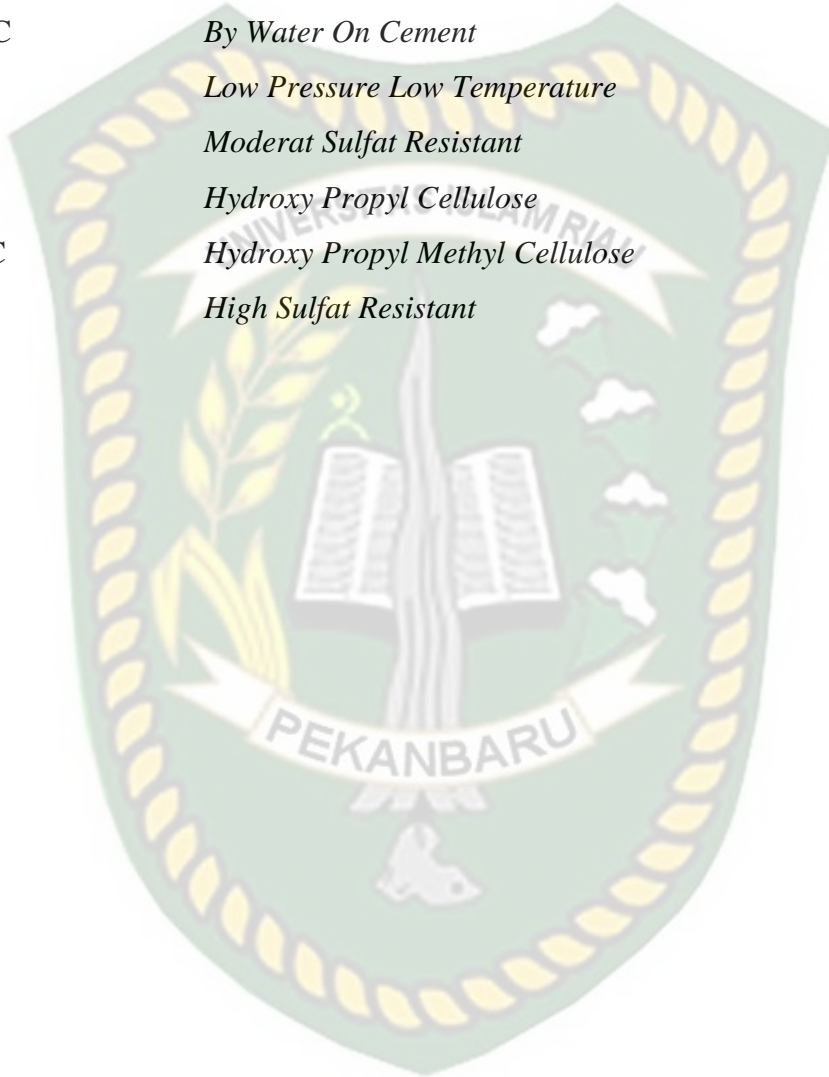
DAFTAR SIMBOL

F_{30}	<i>Filtrate</i> pada 30 menit, ml
F_T	<i>Filtrate</i> pada t menit, ml
m	Berat, lb
T	Waktu pengukuran, menit
V	<i>Volume</i> , gall
V_{abs}	<i>Volume Absolute</i> , gall/lb
ρ	Densitas, ppg



DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>America Society for Testing Material</i>
BB	<i>Batubara</i>
BPS	<i>Badan Pusat Statistik</i>
BWOC	<i>By Water On Cement</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>
MSR	<i>Moderat Sulfat Resistant</i>
HPC	<i>Hydroxy Propyl Cellulose</i>
HPMC	<i>Hydroxy Propyl Methyl Cellulose</i>
HSR	<i>High Sulfat Resistant</i>



**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF *FLY ASH* BATUBARA
TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *FREE WATER* PADA SEMEN**

PEMBORAN KELAS G

MUHARRAM ZAKARIA

143210654

ABSTRAK

Proses penyemenan merupakan salah satu proses yang menentukan keberhasilan proses pemboran. Kegagalan proses penyemenan akan menyebabkan kerugian baik material maupun non material. Salah satu penyebab kegagalan penyemenan adalah terjadinya *filtration loss* atau masuknya filtrat semen ke dalam formasi, dan *free water* atau air bebas yang terpisah pada suspensi semen. Untuk mengatasi hal tersebut berbagai aditif sudah dikembangkan, salah satunya adalah aditif yang mengandung karbon. *Fly ash* batu bara merupakan salah satu aditif yang mengandung karbon sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *filtration loss* dan *free water* semen pemboran.

Tahapan mode penelitian yang pertama dilakukan adalah studi literatur, lalu mulai melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* batubara terhadap *filtration loss* dan *free water* dengan menggunakan konsentrasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 15%. *Fly ash* yang digunakan disaring menggunakan *mesh* 200, untuk pengujian *filtration loss* menggunakan alat *filter press* jenis LPLT (*Low Pressure Low Temperature*) dan untuk *free water* menggunakan gelas ukur yang diisi oleh suspensi semen sebanyak 250 ml dan didiamkan selama 2 jam hingga ada air yang bebas pada bagian atas gelas ukur.

Pada semen pemboran kelas G, penambahan konsentrasi *fly ash* batu bara dapat mengurangi volume filtrat. Dari hasil pengujian *filtration loss* pada konsentrasi 15% diperoleh nilai filtrat 180 ml, nilai tersebut memenuhi standart API. Sedangkan pada pengujian *free water* pada setiap penambahan konsentrasi *fly ash* batu bara dapat mengurangi *free water*. Dan hasil *free water* yang memenuhi standart API ialah pada konsentrasi *fly ash* batu bara 15% yaitu didapat 3 ml. Berdasarkan *software* minitab didapat hasil regresi linier yang signifikan karena setiap pengujian *software* didapat hasil *analysis of variant* lebih kecil dari 95% atau 0,05. Korelasi *filtration loss* diperoleh persamaan $235,2 - 465,7$ massa, nilai *correlations* -0,898 dan p-value 0,015. Persamaan *free water* $0,03717 - 0,2126$ massa, nilai *correlations* -0,851 dan p-value 0,032.

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

**ANALYSIS THE EFFECT OF ADDITION OF COAL FLY ASH ADDITIVE
TO FILTRATION LOSS AND FREE WATER IN CLASS G DRILLING
CEMENT**

**MUHARRAM ZAKARIA
143210654**

ABSTRACT

The cementing process is one of the processes that determines the success of the drilling process. Failure of the cementing process will cause both material and non material losses. One of the causes of cementing failure is the occurrence of filtration loss or the entry of the cement filtrate into the formation, and free water or separate water in the cement suspension. To overcome this various additives have been developed, one example is additives containing carbon. Coal fly ash is one additive containing carbon, therefore research is needed to determine its effect on filtration loss and free water cement drilling.

The first stage of the study was a literature study, then conducted a test to determine the effect of the addition of coal fly ash to filtration loss and free water using concentrations of 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 15%. The fly ash is filtered using mesh 200, and the filtration loss test is carried out using a filter press type LPLT (Low Pressure Low Temperature), while the free water test uses a measuring cup filled with a suspension of cement as much as 250 ml and allowed to stand for 2 hours until there is water which is free on the top of the measuring cup.

In class G drilling cement, the addition of coal fly ash concentrations can reduce the filtrate volume. filtration loss testing with a concentration of 15% yields 180 ml filtrate, this value meets the API standard. Whereas in the free water test, each addition of coal flyash concentration reduces free water. And the results of free water that meets the API standard is at a coal fly ash concentration of 1.2% which is obtained 3 ml. In research using the Minitab software obtained significant linear regression results because each testing device obtained the results of analysis of variants smaller than 95% or 0.05. Obtained equation, filtration loss $235.2 - 465.7 \text{ mass}$, correlation value -0.889 and $p\text{-value } 0.015$. Free water equation $0.03717 - 0.2126 \text{ mass}$, correlation value -0.851 and $p\text{-value } 0.032$.

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penyemenan merupakan salah satu proses yang penting dalam pemboran. Fungsi dari penyemen yaitu melekatkan casing pada dinding formasi, menghalangi agar fluida formasi yang bersifat korosi dapat merusak casing, dan lain-lain (Burgoyne, 1986). Dalam operasi penyemenan dapat juga mengalami kegagalan, sehingga akan mendapatkan kerugian yang signifikan diantaranya kerugian material, waktu, maupun kerugian dalam hal biaya. Penyebab dari kegagalan penyemenan ini diantaranya disebabkan oleh hilangnya cairan dari suspensi semen ke dalam formasi *permeable (filtration lost)*. Cairan ini sering disebut dengan filtrat. Filtrat yang hilang tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan suspensi semen kekurangan air. Kejadian ini disebut dengan *flash set*. Bila suspensi semen mengalami *flash set* maka akan mengakibatkan friksi di *annulus* dan dapat menyebabkan pecahnya formasi. Dari kegagalan tersebut mengakibatkan kerugian pada proses penyemenan dan pembuatan suspensi semen, maka dibutuhkan solusi untuk mengurangi biaya dalam pembuatan suspensi semen.

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*. Air bebas tersebut tidak boleh lebih dari 3,5 ml, karena bila lebih akan terjadi pori-pori pada semen dan ini mengakibatkan semen memiliki permeabilitas yang besar sehingga kontak antara formasi dan fluida di dalamnya dengan casing yang disemen dapat terjadi. Apabila fluida formasi berupa air asin akan menyebabkan terjadinya korosi. Dalam hal penyemenan permeabilitas yang terbentuk diusahakan sekecil mungkin. Karena jika permeabilitas semen besar akan menyebabkan terjadinya kontak fluida antara formasi dengan *annulus*. Bertambahnya permeabilitas semen dapat disebabkan karena air pencampur

terlalu banyak, karena kelebihan additif atau temperatur formasi yang terlalu tinggi (Rudiandini, 2010).

Biasanya *additive* yang digunakan ialah *lost circulation- control agent* yang mana aditif jenis ini berfungsi untuk menanggulangi kehilangan suspensi semen pada saat proses penyemenan. sekarang banyak aditif yang sudah dikembangkan yang berhasil dan mengandung carbon salah satunya yaitu yang akan dikembangkan adalah aditif *fly ash* yang terbuat dari batu bara.

Batu bara merupakan sisa-sisa tumbuhan yang sudah menjadi fosil, di Indonesia tersedia cadangan yang jumlahnya cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2014 produksi batu bara mencapai 435 juta ton (Republik Indonesia, 2015). Batu bara tersebut banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam penghasilan energi pada pembangkit tenaga listrik. Hasil pembakaran batu bara menghasilkan sisa pembakaran berupa abu yang dikategorikan ke dalam dua bentuk, yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Komposisi abu batu bara yang dihasilkan terdiri dari 5% - 15% abu dasar, sedangkan sisanya sekitar 85% - 95% berupa abu terbang (Muhardi, 2010).

Menurut (Romli & HMN, 2015) *Fly ash* batu bara yang dihasilkan ini kurang bernilai ekonomis dan belum dimanfaatkan dengan baik. Selama ini *fly ash* hanya dibuang ditempat pembuangan dan dapat mencemari lingkungan sehingga harus dicari solusi untuk menanganinya. Penanganan *fly ash* pada saat ini masih terbatas pada penimbunan lahan kosong, dalam penelitian ini, akan mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen (Setiawati, 2018).

Pada penelitian ini, penulis akan meneliti pengaruh penambahan *fly ash* batu bara terhadap *filtration loss* dan *free water* semen pemboran. *Fly ash* memiliki sifat yang menyerap air atau disebut juga dengan *adsorpsi* (Reza, 2014). Manfaat dari penelitian ini dilakukan adalah dari segi ekonomi dan juga dari segi lingkungan. Penambahan *fly ash* ini ke dalam campuran semen dapat mengurangi biaya karena mengurangi penggunaan bahan semen (Dunstan, 2011). Biaya juga akan berkurang karena tidak perlu menggunakan aditif 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* batu bara terhadap *filtration loss* pada semen pemboran kelas G.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* batu bara terhadap *free water* semen pemboran kelas G.
3. Menentukan regresi linier dan korelasi antara komposisi *fly ash* batu bara terhadap *filtration loss* dan *free water* semen pemboran kelas G hasil uji laboratorium menggunakan *software* minitab.

1.3 BATASAN MASALAH

Agar penelitian penelitian ini terarah, maka dalam pembahasan difokuskan pada :

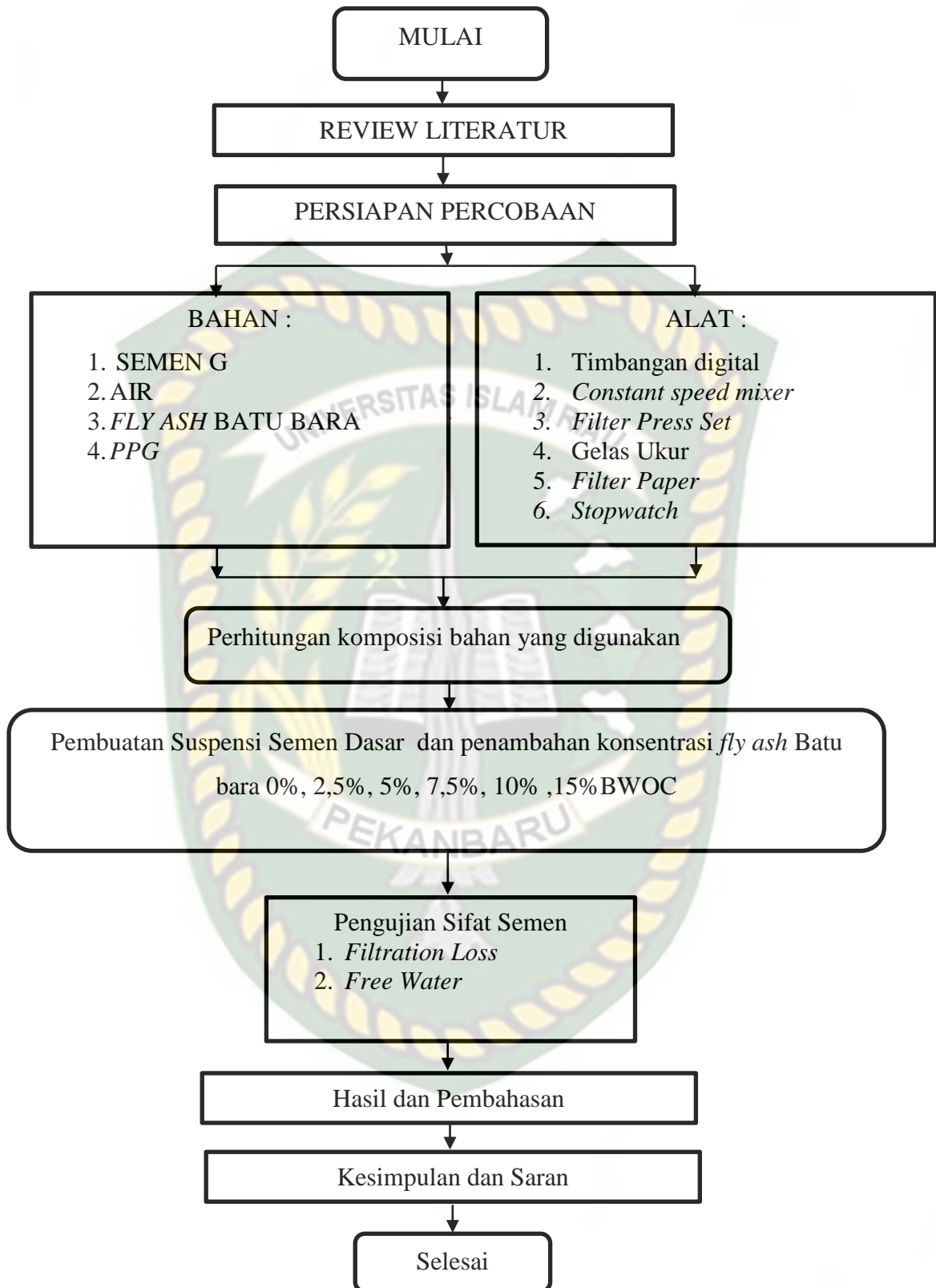
1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari pembakaran batu bara di PT. Makmur Sejahtera Wisesa (MSW)
2. Hanya dilakukan pengujian *filtration loss* dan *free water* pada semen.
3. Hanya menggunakan *software* minitab sebagai menganalisis regresi linier dan korelasi dari hasil uji laboratorium.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Lokasi : Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau
2. Metode penelitian : *Experiment Research*.
3. Teknik pengumpulan data : Data primer, yaitu mendapatkan data secara langsung dari penelitian yang dilakukan, dan data sekunder dari buku pegangan pelajaran teknik perminyakan, paper dan diskusi dengan dosen pembimbing.

Adapun diagram alir dari penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 1.1 Diagram Alir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Selain untuk beribadah kepada Allah SWT, manusia diciptakan sebagai khalifah di muka bumi. Sebagai khalifah, manusia memiliki tugas untuk memanfaatkan, mengelola, dan memelihara alam semesta. Allah SWT telah menciptakan alam semesta untuk kepentingan dan kesejahteraan semua makhluk-Nya, khususnya manusia. 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 dimana saja seperti di tanah, air, udara dan sebagainya. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam firman-Nya Q.S Al-Jasiah(45) : 13. Dan dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripadanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.

2.1 FLY ASH BATU BARA

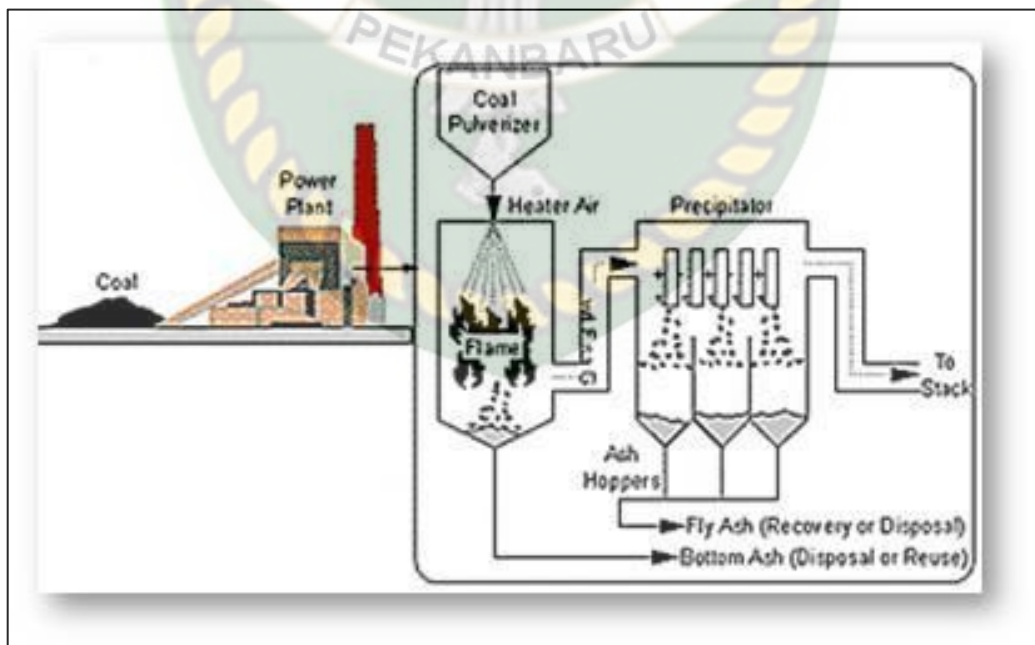
2.1.1 Sumber *Fly Ash*

Batu bara berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang sudah menjadi fosil dan mengendap selama jutaan tahun, dimana di Indonesia tersedia cadangan alam yang jumlah cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton. Dari jumlah tersebut sekitar 67% tersebar di Sumatera, 32% di Kalimantan dan sisanya tersebar di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Dengan kualitas batu bara yang baik dan dengan jumlah yang besar tersebut serta tingkat produksi saat ini, batubara dapat menjadi sumber energi bagi Indonesia selama ratusan tahun (Suwandi & Suyartono, 2001).



Gambar 2.1 Batu Bara

Batu bara digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap yang ada di Indonesia yang dimanfaatkan secara optimal. Pembakaran batu bara pada PLTU di satu sisi memberikan manfaat bagi ketersediaan energi tetapi di sisi lain dapat memberikan dampak negatif karena menimbulkan polutan yang dapat mencemari lingkungan dan dampak kesehatan penduduk (Finahari, S., & Susiati, 2007).



Gambar 2.2 Proses pembakaran batu bara (Wardani, 2008).

Pembakaran batu bara dari *boiler* akan menghasilkan limbah berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*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 ke udara 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 (Suarnita, 2011).

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

2.1.2 Kandungan *fly ash* batu bara

Fly ash memiliki sifat yang menyerap air atau disebut juga dengan *adsorpsi* (Reza, 2014). Menurut ASTM C618 *fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F dan kelas C (Usman, 2018). Perbedaan utama dari kedua *fly ash* tersebut berdasarkan banyaknya kadar kalsium, silika, aluminium dan besi di *fly ash* tersebut. SiO_2 (35%-70%), Al_2O_3 (10%-30%), Fe_2O_3 (4%-20%), CaO (1%-35%). Apabila jumlah kadar oksida ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%, diklasifikasikan kedalam kelas F sedangkan jika jumlah kadar oksida ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50% diklasifikasikan kedalam *fly ash* kelas C. *Fly ash* kelas C mengandung CaO lebih dari 20% dan *fly ash* kelas F mengandung CaO kurang dari 10%. Adapun hasil penelitian yang menjelaskan kandungan kimia dari *fly ash* batu bara yaitu terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Fly Ash Batu bara*

Komposisi Kimia	(%)
SiO ₂	74,20
Al ₂ O ₃	5,70
Fe ₂ O ₃	14,40
CaO	2,40
MgO	2,03
K ₂ O	0,260
Na ₂ O	0,06
TiO ₂	0,47
P ₂ O ₅	0,051
Mn ₃ O ₄	0,160
SO ₃	-

Sumber : (Haryanti, 2014)

2.2 *FILTRATION LOSS*

Filtration loss adalah peristiwa hilangnya cairan dari suspensi semen kedalam formasi permeabel yang dilaluinya. Cairan ini sering disebut dengan filtrat. Filtrat yang hilang tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan suspensi semen kekurangan air. Kejadian ini disebut dengan *flash set*.

Pengontrolan filtrat suspensi semen sangatlah penting, karena bila terjadi hilangnya filtrat kedalam formasi yang permeabel dapat menyebabkan naiknya *viscositas* suspensi semen dan terendapnya filtrat *cake* dengan cepat. Hal ini akan menimbulkan friksi dianulus dan juga dapat mengakibatkan pecahnya formasi.

Pengujian *filtration loss* di laboratorium menggunakan alat *filter press* pada kondisi temperatur yang disesuaikan dengan kondisi temperatur sirkulasi dengan tekanan 1000 psi. Namun *filter press* mempunyai kelemahan yaitu temperatur maksimum yang bisa digunakan hanya sampai 180 °F. *Filtration loss* diketahui dari volume filtrat yang ditampung dalam sebuah tabung atau gelas ukur selama 30 menit masa pengujian. Bila waktu pengujian tidak sampai 30 menit, maka besarnya *filtration loss* dapat didekati dengan rumus :

$$F_{30} = Ft \frac{5.477}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

F30 = filtrat pada 30 menit, ml

Ft = filtrat pada t menit, ml

t = waktu pengukuran, menit

Pada *primary cementing*, *filtration loss* yang diijinkan sekitar 150 - 250 cc yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh dan pada tekanan 1000 psi. Sedangkan pada *squeeze cementing*, *filtration loss* diijinkan sekitar 55 - 65 cc selama 30 menit (Rudiandini, 2010).

2.3 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, karena bila lebih akan terjadi pori-pori pada semen dan ini mengakibatkan semen memiliki permeabilitas yang besar sehingga kontak antara formasi dan fluida didalamnya dengan *casing* yang disemen dapat terjadi. Apabila fluida formasi berupa air asin akan menyebabkan terjadinya *korosi*. Dalam hal penyemenan *permeabilitas* yang terbentuk diusahakan sekecil mungkin. Karena jika permeabilitas semen besar akan menyebabkan terjadinya kontak fluida antara formasi dengan *annulus*. Bertambahnya *permeabilitas* semen dapat disebabkan karena air pencampur terlalu banyak, karena kelebihan *additive* atau temperatur formasi yang terlalu tinggi (Rudiandini, 2010). Untuk menghitung persen free water dapat dilakukan dengan rumus :

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

2.4 STATE OF THE ART

Pada penelitian (Neni, 2016) komposisi dari abu batu bara terdiri dari 10-20% abu dasar dan 80-90% abu terbang. *Fly ash* ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong asap. Serbuk halus *fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batuabara dan bubuk batu bara. Dengan kehadiran air dan ukuran partikel yang halus, *oksida silika* yang dikandung oleh serbuk halus *fly ash* bereaksi secara kimia dengan *kalsium hidroksida* yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan memiliki zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Menurut (Rockos, Berry, & Stephens, 2011) *fly ash* (produk sampingan dari pembakaran batu bara untuk menghasilkan listrik) dapat memiliki perilaku semen mirip dengan semen Portland. Jenis batu bara dibakar dan sifat dari proses pembakaran di pembangkit listrik memiliki pengaruh besar pada sifat mengikat abu yang dihasilkan. Sejak pembangkit listrik menggunakan berbagai jenis batu bara dan proses pembakaran, perilaku abu dapat bervariasi dari tanaman ke tanaman sebagai hasilnya, *fly ash* biasanya dapat digunakan untuk menggantikan kurang dari 25% dari semen *portland* dalam beton. Lalu ada juga yang melakukan penelitian menggunakan sampai 40-60 % dan menunjukkan hasil yang bagus tetapi penggunaan yang besar dari 25 % memiliki kendala seperti lamanya waktu pengerasan sehingga dapat mengakibatkan lamanya proses pengerjaan (Thomas, 2007).

Menurut (Cho, Shang, 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.

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 mengakibatkan banyaknya unsur silika yang tidak dapat bereaksi dengan kalsium sehingga *fly ash* tidak dapat mengikat semen dan dapat mengakibatkan terjadinya *filtration loss*.

2.5 ANALISIS REGRESI DAN KORELASI MENGGUNAKAN MINITAB

Statistika 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 di penelitian 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). Oleh karena itu, statistik inferensial disebut juga statistik induktif atau statistik penarikan kesimpulan. Dalam statistik, untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain dilakukan analisis regresi. Analisis regresi adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel. Dalam Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas dengan variabel bebas tunggal (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 sangat 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* atau program komputer. Dalam penelitian ini *software* yang digunakan yaitu minitab. Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program-program untuk mengolah data statistik secara lengkap, seperti analisis regresi, ANOVA, pengendalian kualitas statistika, peramalan dengan analisis *time series*, dan lain sebagainya. Minitab juga telah diakui sebagai program statistika yang sangat kuat dengan tingkat akurasi taksiran statistik yang tinggi. Hal tersebut membuat penulis memilih menggunakan *software* minitab untuk membantu mengolah data dalam penelitian ini (Wahyuni, Agoestanto, & Pujiastuti, 2018).

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, 2015).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menyampaikan tentang metode penelitian di laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan persentasi *fly ash* batu bara terhadap *filtration loss* dan *free water* semen pemboran. Metode penelitian meliputi waktu dan tempat penelitian, bahan dan peralatan, dan prosedur penelitian.

3.1 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu bulan oktober sampai dengan Desember 2019. Dengan rincian pelaksanaan yaitu satu bulan untuk persiapan bahan dan satu bulan untuk pembuatan dan pengujian sampel.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

No	Kegiatan	Agustus				September				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur												
2.	Persiapan Bahan												
3.	Penelitian di Laboratorium												
4.	Analisis Hasil Perhitungan												
5.	Pembahasan dan Kesimpulan												

3.2 BAHAN DAN PERALATAN

3.2.1 Bahan

Dalam pembuatan suspensi semen pemboran bahan utama yang digunakan adalah semen dan air. Kemudian ditambahkan juga beberapa aditif untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen klasifikasi API kelas G Produksi PT.Holcim

Merupakan semen dasar yang dapat digunakan sampai kedalaman 8000 ft (2440 meter). Bila ditambah dengan aditif, maka semen kelas G ini dapat digunakan pada tekanan dan temperatur yang lebih tinggi serta kedalaman yang lebih dalam. Sebagai semen dasar dan jika diperlukan dapat ditambah aditif yang sesuai (Badu, 2008)

2. Air

Air ditambahkan untuk mencapai densitas yang diinginkan. Air berguna agar suspensi semen dapat dengan mudah mengalir dan dipompa. Pemakaian air yang terlalu sedikit akan menyebabkan terjadinya gesekan atau friksi di *annulus* karena sulit pada saat pemompaan, sedangkan pemakaian air yang terlalu banyak akan menyebabkan terbentuknya pori-pori pada semen sehingga air dapat dengan mudah keluar dari formasi yang telah disemen, sehingga terjadi *loss circulation*.

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 yang mana akan mengurangi kekuatan semen.



Gambar 3.1 Polypropylene glycol (PPG)

4. Fly Ash Batu Bara

Fly ash batu bara yang digunakan penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari PT. Makmur Sejahtera Wisesa (MSW) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Tanjung-tabalong, Kalimantan Selatan. *Fly ash* kemudian disaring

dengan menggunakan *sieve* dengan nomor saringan 200 *mesh*. Nilai *specific gravity* yang di peroleh dari penelitian ini adalah 0,98.

Menurut ASTM C 618 (2001) *fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara. Menurut (SNI) 03-6414-2002 mendefinisikan pengertian *fly ash* batubara adalah limbah hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat *pozzolanic*. *Pozzolan* adalah sebuah bahan berupa alumina atau silika yang bila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk senyawa semen (Salain, 2016). *Fly ash* merupakan *pozzolan* terbaik dan terkenal dan yang salah satu paling umum digunakan di dunia. *Fly ash* juga telah berhasil meningkatkan kekuatan pada beton normal sebagai pengganti pasir (Setiawati, 2018).



Gambar 3.2 *Fly ash* batu bara

3.2.2 Peralatan

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

1. Timbangan Digital

Timbangan Digital adalah alat untuk mengukur atau menimbang banyaknya bahan dasar suspensi semen dan aditif yang akan digunakan. Gambar timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.3 Timbangan Digital

2. *Constant speed Mixer*

Constant speed Mixer adalah alat untuk mengaduk material suspensi semen serta semua aditif agar tercampur merata. Gambar *Constant Speed Mixer* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.4 *Constant speed Mixer*

3. LPLT (*Low Pressure Low Temperature*)

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



Gambar 3.5 LPLT

4. *Filter Paper*

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



Gambar 3.6 Filter Paper

5. *Gelas Ukur*

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



Gambar 3.7 Gelas Ukur

6. *Stopwatch*

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



Gambar 3.8 *Stopwatch*

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Persiapan *Fly Ash*

Pertama-tama *fly ash* batu bara *sieve* nomor saringan 200 *mesh*, supaya pada saat proses pengadukan dapat tercampur dengan bahan yang lain. Untuk mengetahui komposisi dari perhitungan *fly ash* dibutuhkan perhitungan BWOC dengan menggunakan rumus.

1. Perhitungan *absolute volume*, berat dan *volume*

$$\text{Absolute volume} = \frac{1}{SG \times 8.33} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Berat} = 8.33 \text{ lb/gal} \times \text{Volume} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Volume} = \text{Berat} \times \text{Volume Absolute} \dots\dots\dots (5)$$

Catatan : Perhitungan ini dihitung pada masing-masing komposisi seperti semen G, air, ppg, dan *fly ash*. Totalkan semua perhitungan kedalam tabel.

2. Perhitungan *water ratio* dan *slurry volume*

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Total berat}}{\text{Total volume}} \dots\dots\dots (6)$$

Catatan : Setelah semua komponen mempunyai nilai, totalkan kembali hasil perhitungan dari semen G, air, ppg, dan *fly ash* untuk menghitung fraksi.

$$\text{Fraksi} = \frac{\text{Berat komponen yang akan dihitung}}{\text{Berat Semen}} \dots\dots\dots (7)$$

3. Perhitungan pembuatan suspensi semen dengan volume 600 ml

$$\text{Densitas (konversi)} = \frac{13.328 \text{ lb/gal}}{8.33 \text{ lb/gal}} \times 1 \text{ gr/ml} = 1.6 \text{ gr/ml}$$

$$\text{Massa Semen} = \frac{1.6 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \times 600 \text{ ml}}{\text{Total Fraksi}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Massa Fly ash} = \text{Fraksi Fly ash} \times \text{Massa Semen} \dots\dots\dots (9)$$

Catatan : Untuk mengetahui volume dari air dan ppg, dihitung dengan rumus yang sama seperti menghitung *fly ash*.

3.3.2 Pengujian *Filtration Loss*

Menurut Rubiandini (2002), pengujian *filtration loss* dilaboratorium dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat suspensi semen dari semen G dengan air dan *fly ash* dengan menggunakan mixer
2. Mempersiapkan peralatan *filter press* dan segera memasang *filter paper* secepat mungkin dan meletakkan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung fluida filtrat.
3. Menuangkan suspensi semen kedalam silinder dan segera menutup rapat. Kemudian mengalirkan udara atau gas N₂ dengan tekanan 1000 psi.
4. Mencatat volume filtrate sebagai fungsi waktu dengan stopwach, interval pengamatan setiap 2 menit pada 10 menit pertama, kemudian setiap 5 menit untuk 20 menit selanjutnya. Mencatat volume 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 dengan rumus.
6. Menghentikan penekanan udara atau gas N₂, membuang tekanan udara dalam silinder dan menuangkan sisa suspensi semen yang di dalam silinder kedalam *breaker*.

3.3.3 Pengujian Free Water

Menurut Rubiandini (2002), pengujian *free water* dilakukan dilaboratorium dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut

1. Membuat suspensi semen dari semen G dengan air dan *fly ash* dengan menggunakan mixer.
2. Menggunakan tabung ukur, kemudian mengisi tabung tersebut dengan suspensi semen yang akan diukur kadar airnya.
3. Mendiamkan selama beberapa jam sehingga terjadi air bebas pada bagian atas tabung, catat harga *free water* yang terbentuk.
4. *Free water* yang terjadi tidak boleh lebih dari 3,5 ml.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan percobaan di laboratorium untuk mengetahui pengaruh dari penambahan aditif *Fly ash* dari batu bara. Alasan pemilihan *fly ash* batu bara, karena *Fly ash* batu bara merupakan salah satu aditif yang sifatnya menyerap air. Alangkah baiknya dilakukan penelitian sebagai aditif *fly ash* batu bara dan mampu berpengaruh terhadap *filtration loss* dan *free water*. Sehingga dapat menjadi inovasi semen pemboran yang terbaru, menjadi alternatif pilihan yang ekonomis dan mudah didapatkan.

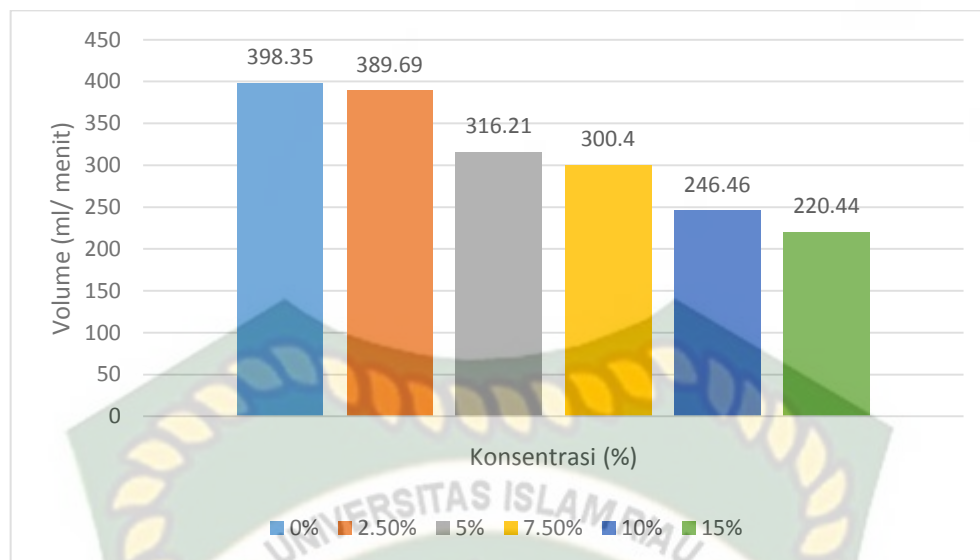
4.1 *Filtration loss*

Filtration Loss adalah peristiwa hilangnya cairan dari suspensi semen kedalam formasi permeable yang dilaluinya. Cairan ini sering disebut dengan filtrat. Filtrat yang hilang tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan suspensi kekurangan air. *Fly ash* batu bara merupakan bahan aditif yang bisa menyerap air (Reza, 2014). Pengujian *Filtration loss* pada semen dasar dan semen yang ditambahkan dengan konsentrasi *fly ash* batu bara yang terdiri dari konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% BWOC (Roskos, Cross, Berry, & Stephens, 2011). Berikut ini adalah hasil dari *filtration loss* yang dilakukan berdasarkan penambahan konsentrai aditif *fly ash* batu bara sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Pengujian *Filtration Loss* Suspensi Semen G dengan

Komponen	SD (Semen Dasar)	SD + 2,5 <i>Fly ash</i> BB	SD + 5% <i>Fly ash</i> BB	SD+ 7,5% <i>Fly ash</i> BB	SD + 10% <i>Fly ash</i> BB	SD + 15% <i>Fly ash</i> BB
FT	250	225	200	190	180	180
T	10	10	12	12	16	20
F30	398,35	389,69	316,21	300,40	246,46	220,44

penambahan *Fly ash* Batu bara



Gambar 4.1 Hasil dari pengaruh *fly ash* Batu bara pada *Filtration loss*

Berdasarkan tabel 4.1 dan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa aditif *fly ash* batu bara berpengaruh terhadap nilai *filtration loss* semen pemboran. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dan 15%. Untuk konsentrasi 0% nilai volume filtrat nya adalah 250 ml, untuk konsentrasi 2,5% nilai volume filtratnya adalah 225 ml, pada konsentrasi 5% nilai volume filtratnya adalah 200 ml, untuk konsentrasi 7,5% nilai volume filtratnya adalah 190 ml, untuk konsentrasi 10% nilai volume filtratnya adalah 180 ml, dan untuk konsentrasi 15% nilai volume filtratnya adalah 180 ml. Dilihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan aditif *fly ash* dapat mengurangi *filtration loss*. Pada *primary cementing*, *filtration loss* yang diizinkan sekitar 150-250 ml yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh dan pada tekanan 1.000 psi (Rubiandini, 2010). Sesuai dengan pernyataan ditersebut hanya penambahan aditif *fly ash* pada 10% dan 15% yang diijinkan dalam *filtration loss* karena dibawah 250 ml.

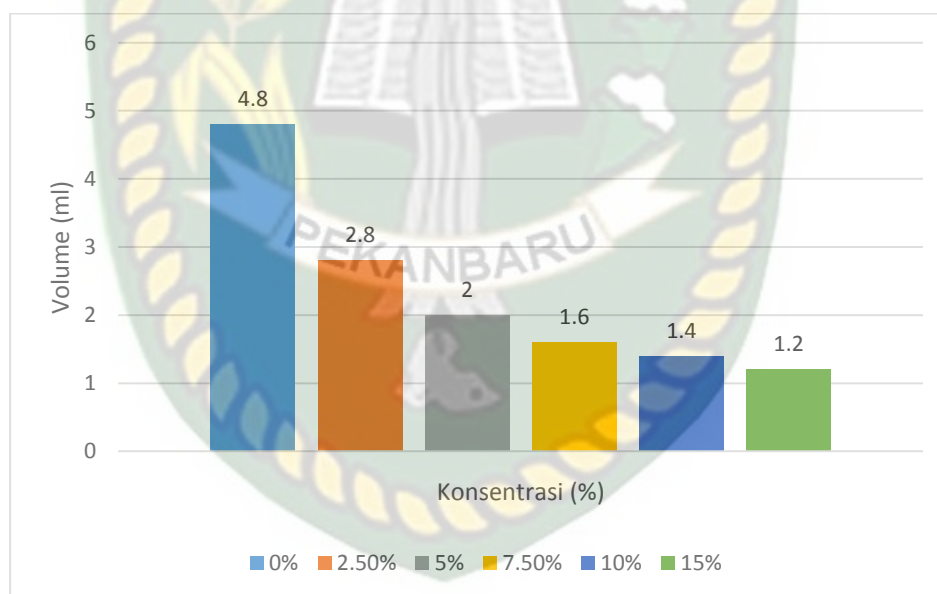
4.2 *Free Water*

Dalam operasi penyemenan, yang perlu diperhatikan salah satunya adalah *free water*. Seperti halnya pada sifat-sifat suspensi semen yang lain, *free water*

dipengaruhi juga oleh adanya aditif. Air yang di campurkan tidak boleh terlalu banyak atau kurang, dikarenakan dapat mempengaruhi baik buruknya ikatan semen nantinya. Batasannya diberikan dalam bentuk kadar maksimum dan minimum air. Kadar air maksimum di tunjukkan oleh adanya kandungan air yang bebas (*free water*) (Novrianti, Mursyidah, & Utama, 2017).

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan dari Pengujian dari *Free Water* pada Penambahan *Fly ash* Batu bara

Komponen	SD (Semen Dasar)	2,5%	5%	7,5%	10%	15%
Volume Filtrat (ml)	12	7	5	4	3.5	3
% Volume Filtrat (%)	4,8	2.8	2	1,6	1,4	1,2



Gambar 4.2 Hasil dari pengaruh *Fly ash* Batu bara pada *Free Water*

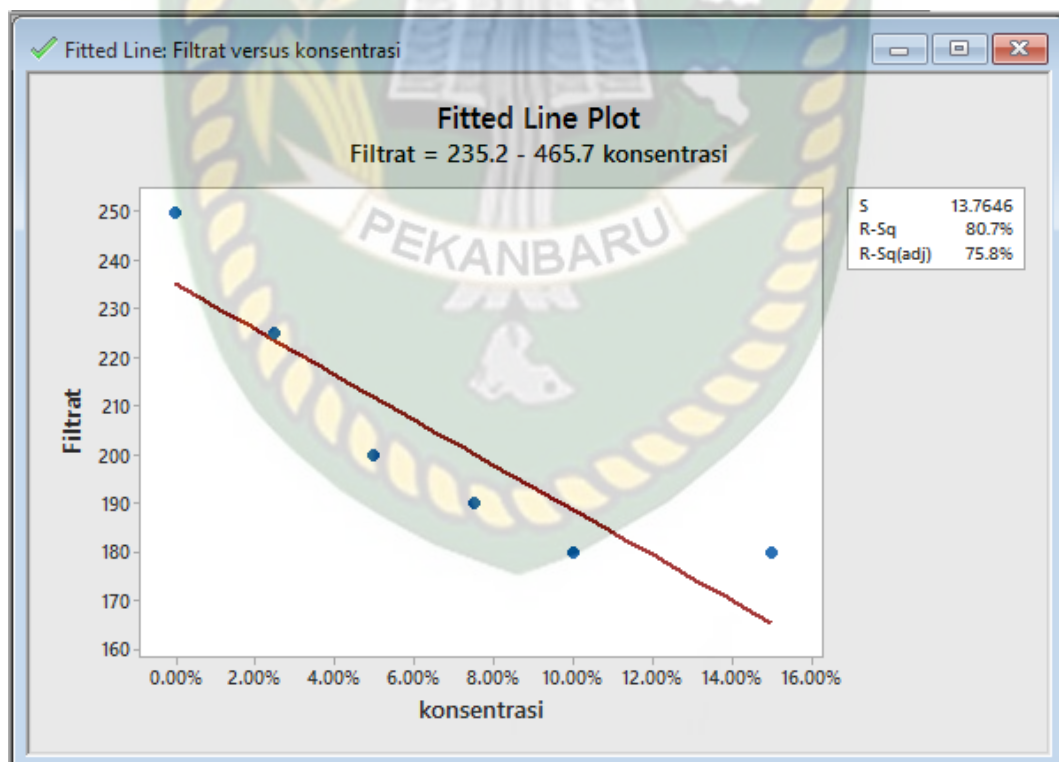
Dari tabel 4.2 dan gambar 4.2 menunjukkan hasil filtrat dari *Fly ash* Batu bara pada uji *free water*. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% dan 15%. Untuk konsentrasi 0% nilai volume filtratnya adalah 12 ml, untuk konsentrasi 2,5% nilai volume filtratnya adalah 7 ml, pada konsentrasi 5% nilai volume filtratnya adalah 5 ml, untuk konsentrasi 7,5%

nilai volume filtratnya adalah 4 ml, untuk konsentrasi 10% nilai volume filtratnya adalah 3,5 ml, dan untuk konsentrasi 15% nilai volume filtratnya adalah 3 ml. Untuk semen kelas G air bebas yang terjadi tidak boleh lebih dari 3,5 ml (1.2%). Bila air bebas yang terjadi melebihi 3.5 ml maka akan terjadi pori-pori pada semen. Dan ini akan mengakibatkan semen mempunyai permeabilitas yang besar (Rubiandini, 2010).

4.3 Analisis Regresi dan Korelasi Antara Parameter dan Uji Terhadap Massa

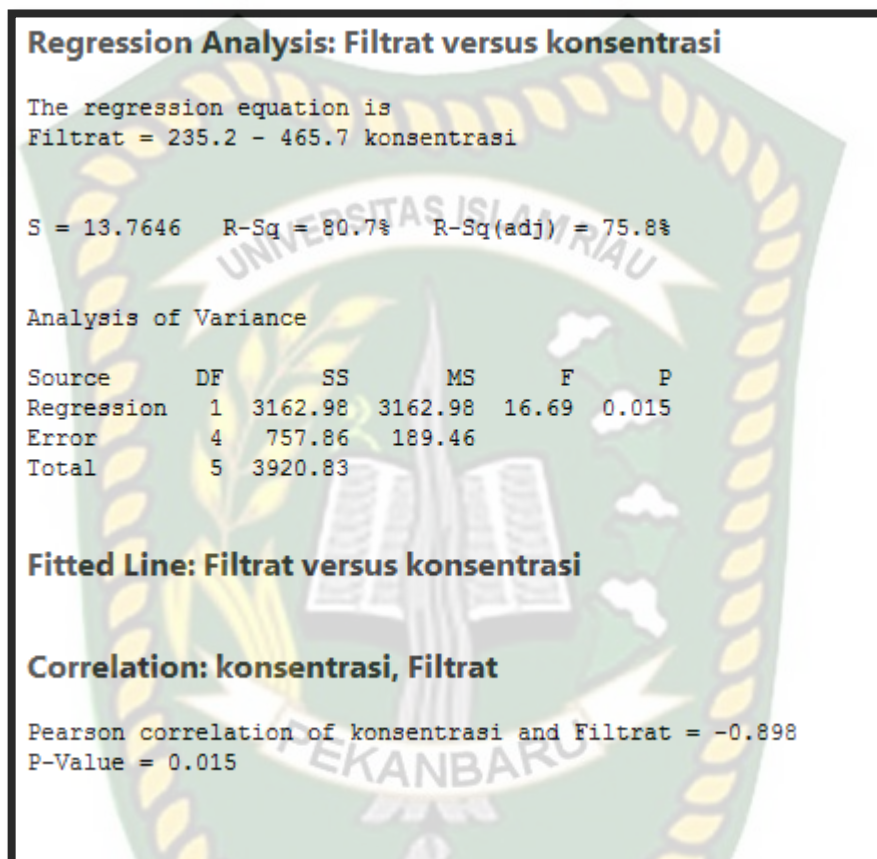
Dalam penelitian ini data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan software minitab dengan analisis Regresi dan korelasi. Dalam penelitian ini analisis Regresi dan Korelasi dilakukan pada parameter uji yaitu *filtration loss*, dan *free water* terhadap pada massa *fly ash* batu bara.

4.3.1. Filtration loss



Gambar 4.3 Fitted line plot konsentrasi Vs Filtration loss

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin kecil volume *filtrat* yang didapatkan. Dalam kondisi ini dapat hasil yang paling tinggi pada yaitu dengan nilai 250 ml sedangkan nilai paling rendah pada sampel dengan penambahan konsentrasi fly ash 15% dengan hasil 180 ml.



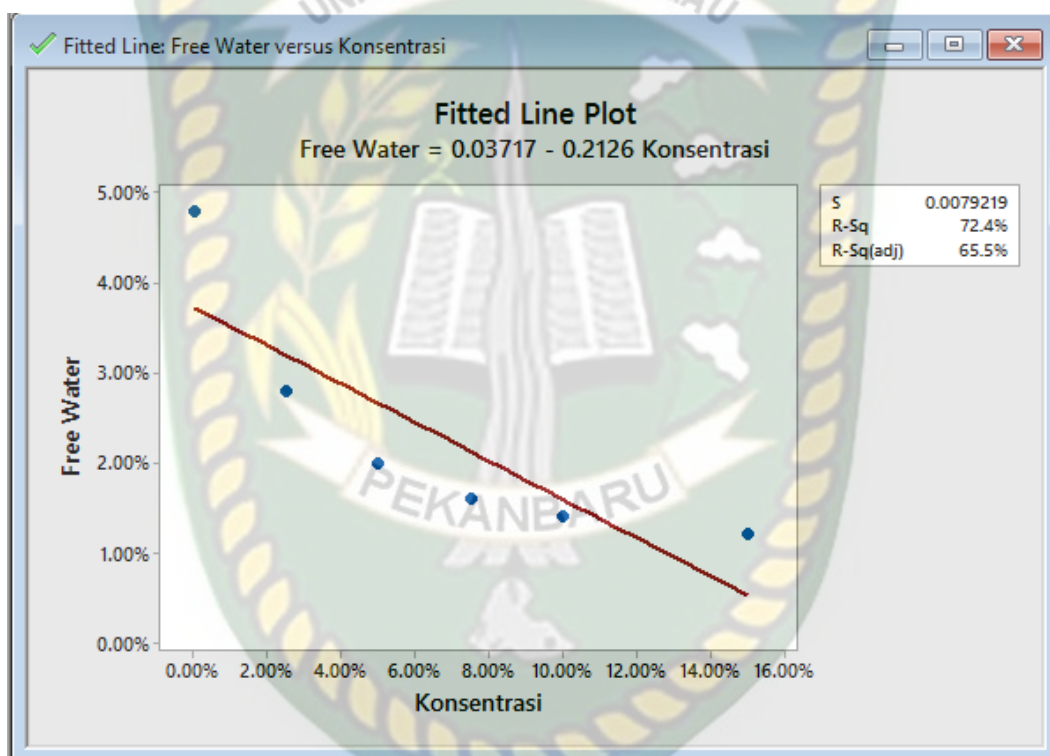
Gambar 4.1 Regretion Analysis Filtration loss vs Konsentrasi

Dilihat pada *output* di atas dalam *analysis of variant* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,015 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% 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 0,015 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.

Selain itu didapatkan pula nilai $R\text{-sq (adj)}$ 75,8% yang artinya *variable filtration loss* dapat dijelaskan sebesar 75,8% oleh *variable* massa. Sisanya 24,2% dijelaskan oleh *variable* lain selain massa. Persamaan yang didapat adalah $\text{filtration loss} = 235,2 - 465,7 \cdot \text{Massa}$ yang artinya apabila satu massa meningkat akan berpengaruh pada penurunan *filtration loss* sebesar 465,7. Dalam pengujian juga didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,898 atau bernilai negatif yang artinya hanya satu *variable* yang cenderung meningkat *filtration loss*.

4.3.2 Free Water



Gambar 4.2 Fitted Line Plot Vs Free Water

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin kecil volume *filtrat* yang didapatkan. Dalam kondisi ini dapat hasil yang paling tinggi pada yaitu dengan nilai 4,8% (12 ml) sedangkan nilai paling rendah pada sampel dengan penambahan konsentrasi fly ash 15% dengan hasil 1,2% (3 ml).

Regression Analysis: Free Water versus Konsentrasi

The regression equation is
Free Water = 0.03717 - 0.2126 Konsentrasi

S = 0.00792194 R-Sq = 72.4% R-Sq(adj) = 65.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.0006590	0.0006590	10.50	0.032
Error	4	0.0002510	0.0000628		
Total	5	0.0009100			

Fitted Line: Free Water versus Konsentrasi

Correlation: Konsentrasi, Free Water

Pearson correlation of Konsentrasi and Free Water = -0.851
P-Value = 0.032

Gambar 4.3 Regression Analysis Free Water Vs Konsentrasi

Dilihat pada *output* di atas dalam *analysis of variant* diperoleh nilai signifikansi atau P yaitu sebesar 0,032 yang artinya lebih kecil dari pada nilai kriteria signifikan yaitu 95% atau 0,032. 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 0,032 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.

Selain itu didapatkan pula nilai *R-sq (adj)* 65,5% yang artinya *variable free water* dapat dijelaskan sebesar 65,5% oleh *variable* massa. Sisanya 34,5% dijelaskan oleh *variable* lain selain massa. Persamaan yang didapat adalah *free water* = 0,03717 - 0,2126. Massa yang artinya apabila satu massa meningkat akan berpengaruh pada penurunan *free water* sebesar 0,2126. Dalam pengujian juga

didapatkan nilai *correlations* sebesar -0,851 atau bernilai negatif yang artinya hanya satu variable yang cenderung meningkat *free water*.

Tabel 4.3 Analisis Regresi dan Korelasi antara Parameter Uji Terhadap

Massa	Parameter Uji	Hasil Pengujian Software Minitab			
		P (Value)	R-Sq (adj)	Persamaan	Corelation
0	Filtration Loss Terhadap Konsentrasi	0,0015	75,8 %	Filtration Loss = 235,2 - 465,7 Konsentrasi	-0.898
2.5					
5					
7.5					
10					
15					
0	Free Water Terhadap Konsentrasi	0,032	65.5 %	Free Water = 0,03717 - 0,2126 Konsentrasi	-0.851
2.5					
5					
7.5					
10					
15					

Konsentrasi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan aditif *fly ash* batu bara berpengaruh terhadap nilai *filtration loss* semen G. Semakin tinggi konsentrasi *fly ash* yang ditambahkan maka semakin kecil nilai filtrat yang diperoleh. Dengan penambahan 2,5% *fly ash* diperoleh volume filtrat 225 ml, penambahan 5% diperoleh volume filtrat 200 ml, penambahan 7,5% diperoleh volume filtrat 190 ml, penambahan 10% diperoleh volume filtrat 180 ml, penambahan 15% diperoleh volume filtrat 180 ml.
2. Penambahan aditif *fly ash* batu bara berpengaruh terhadap nilai *free water* semen G. Semakin tinggi konsentrasi *fly ash* yang ditambahkan maka semakin kecil nilai air bebas yang diperoleh. Dengan penambahan 2,5% *fly ash* diperoleh volume filtrat 12 ml, penambahan 5% diperoleh volume filtrat 7 ml, penambahan 7,5% diperoleh volume filtrat 5 ml, penambahan 10% diperoleh volume filtrat 4 ml, penambahan 15% diperoleh volume filtrat 3 ml.
3. Pada penelitian dengan menggunakan *software* minitab didapat hasil regresi linier yang signifikan karena setiap pegujian *software* didapat hasil *analysis of variant* lebih kecil dari 95% atau 0,05. Didapat persamaan *filtration loss* 235,2 – 465,7 massa, nilai *correlations* -0,898 dan p-value 0,015. Persamaan *free water* 0,03717 – 0,2126 massa, nilai *correlations* -0,851 dan p-value 0,032.

5.2 Saran

Ada beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menentukan rheologi semen pemboran lainnya seperti *plastic viscosity*, *thickening time*, *yield point* dan *gel strenght*

DAFTAR PUSTAKA

- Badu, K. (2008). *Hanbook of Advanced Drilling*. Cepu.
- Burgoyne, A. T. (1986). Applied Drilling Engineering. *SPE, USA*, 85–103.
- Cho, H., Shah S. N., Jeong, Y., *Significance, E.* (2002). OTC 14283 *Developed Wellbore Abandonment Grout With Fly Ash*, 1-10.
- Finahari, I. N., S., D. H., & Susiati, H. (2007). Gas CO₂ dan Polutan Radioaktif Dari PLTU Batu bara. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 9(1), 1–8.
- Haryanti, N. H. (2014). Uji Abu Terbang PLTU Asam Asam Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan. *Jurnal Fisika FLUX*, 11(2), 114–124.
- Jangid, G. K., & Jr, S. R. M. (2013). SPE 167203 Highly Reactive Fly Ash Material Improves Economics of Lightweight Cementing With Lower Carbon Footprint.
- Muhardi. (2010). Karakteristik Abu Terbang dan Abu Dasar Dalam Geoteknik. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian*, 18–27.
- Neni Anggoro Sari. (2016). Pemanfaatan Teknologi *High Volume Fly Ash Concrete* Untuk Memproduksi Beton Kuat Tekan Normal.
- Novrianti, Mursyidah, & Utama, T. P. (2017) . Studi Laboraturium Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Arang Batok kelapa terhadap *Thickening Time* dan *Free Water Semen Pemboran*. *Jurnal Of Earth Energy Engineering*. 38-43
- Republik Indonesia. (2015). Rencana Strategis Kementerian ESDM 2015-2019. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- 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.
- Roskos, C., Cross, D., Berry, M., & Stephens , J. (2011) Identification and Verification Of Self-Cementing Fly Ash Binder for "Green" Concrete. *World of Coal Ash Conference*. Retrieved from <http://flyash.info/>
- Rosmaini, E. (2016). *Belajar Olah Data Dengan SPSS , Minitab, R, Microsoft Excel Eviews, Lisrel, Amos, dan Smartpls*
- Romli, A., & HMN, S. (2015). Pemanfaatan Fly Ash (Abu Batu Bara) yang Diaktifkan Untuk Komposisi Semen Portland Pozzolan. *Prosiding SNIJA*,

410–413.

Rubiandini, R. (2002). *Buku Teknik Pemboran*. Volume 1. Bandung: Insititut Teknologi Bandung.

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

Safitri, E., & Djumari. (2009). Kajian Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly ash) pada produksi Paving Block. *Media Teknik Sipil, IX*, 36–40.

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 Temperatur (Bhct) Laboratorium Pemboran Dan Produksi. Fakultas Kebumihan dan Energi, Teknik Perminyakan Trisakti.

Setiawati, M. (2018). Karakteristik Unsur Pada Abu Dasar dan Abu Terbang Batu Bara Menggunakan Analisis Aktivasi Neutron Instrumental. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia, 11(1)*, 1–8.

Suarnita, I. wayan. (2011). Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash Ex. Pltu Mpanau Tavaeli. *Smartek, 9(1)*, 1–10.

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

Suwandi, & Suyartono. (2001). *Hidup dengan Batubara (Dari Kebijakan Hingga Pemanfaatan)*. Jakarta: Yayasan Media Bakti Tambang.

Thomas, M. (2007). Optimizing The Use Of Fly Ash In Concrete. *Portland Cement Accociation, Publication IS 548, 24 Pages*.
[https://doi.org/10.1016/009-2614\(86\)85022-9](https://doi.org/10.1016/009-2614(86)85022-9)

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

Wardani, R. P. (2008). *Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.

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

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

