

**PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* PEMBAKARAN KELAPA
SAWIT TERHADAP *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *SHEAR
BOND STRENGTH* PADA SEMEN PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

TAUFIK RAHMAT

NPM 133210541



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Taufik Rahmat
NPM : 133210541
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Pembakaran Kelapa Sawit Terhadap *Compressive Strength* dan *Shear Bond Strength* pada Semen Ponoran

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 I : Novrianti, ST., MT. (.....)
Pembimbing II : Tomi Erfando, ST., MT. (.....)
Penguji : Novia Rita, ST., MT. (.....)
Penguji : Richa Melysa, ST., MT. (.....)

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 23 Maret 2019

Disahkan Oleh :


DEKAN
FAKULTAS TEKNIK
Ir. H. ABD. KUDUS ZAINI, MT., MS., TR

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN


Dr. Eng. MUSLIM, MT.

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, Februari 2019

Taufik Rahmat
133210541



KATA PENGANTAR

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

1. Novrianti, ST. MT selaku dosen pembimbing 1 dan Tomi Erfando, ST.MT selaku dosen Pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak M. Ariyon, ST., MT. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama menjalani kuliah di Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau.
3. Pihak Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.
4. 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
5. Ayah dan ibu yang memberikan dukungan penuh material maupun moral sehingga saya dapat berhasil menyelesaikan perkuliahan.
6. Bang Arif, Afdhal dan Fajri yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam kehidupan sehari-hari.
7. Sabahat terbaik saya, Arsyadhi, Ricci, Aulia, Dori, Farhan, Hibnu Bele dan teman-teman kelas A Teknik Perminyakan yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Teman-teman seangkatan 2013 yang telah menemani selama perkuliahan di Teknik Perminyakan.
9. Semua pihak yang tidak disebutkan namanya yang telah ikut serta membantu dan memberikan doa agar menyelesaikan perkuliahan.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Februari 2019

Taufik Rahmat



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.3. BATASAN MASALAH.....	3
1.4. METODOLOGI PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>COMPRESSIVE STRENGTH</i> DAN <i>SHEAR BOND STRENGTH</i>	6
2.2. <i>ADDITIVE</i>	7
2.3. FLY ASH KELAPA SAWIT.....	8
2.3.1. Sumber <i>Fly Ash</i>	8
2.3.2. Kandungan <i>Fly Ash</i>	10
2.4. PENELITIAN TERDAHULU.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	13

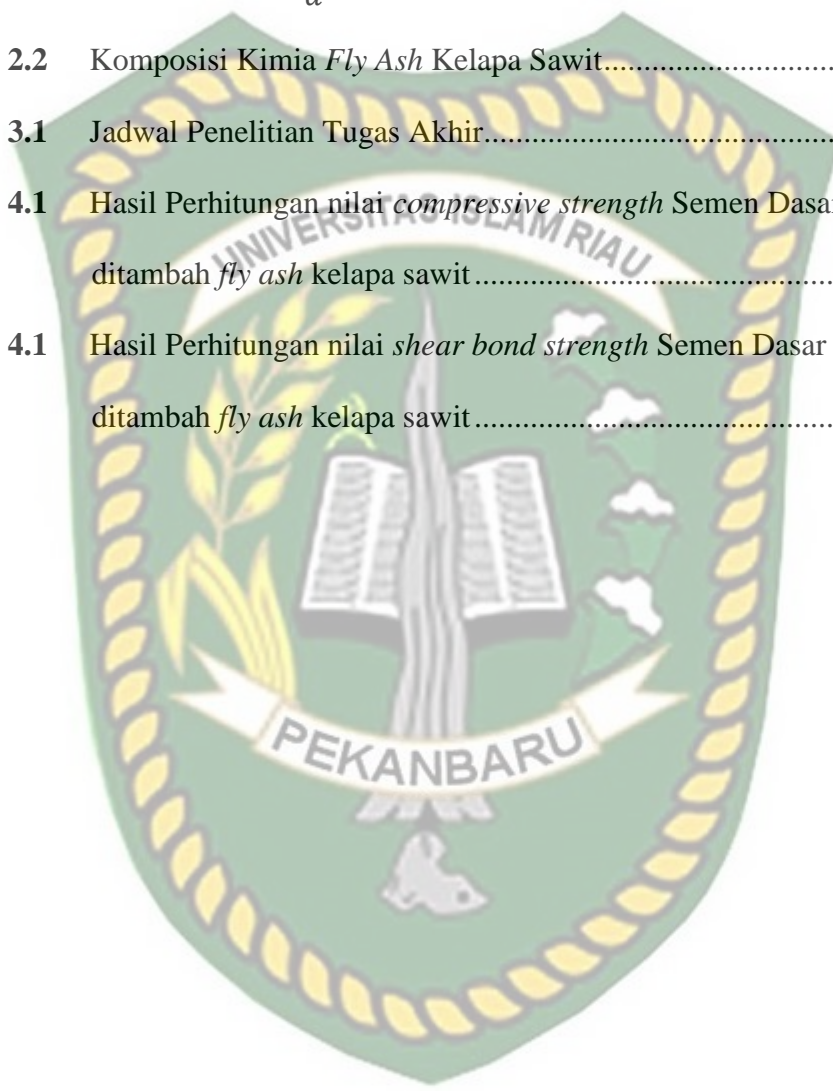
3.2. BAHAN DAN PERALATAN	13
3.2.1. Bahan.....	13
3.2.2. Peralatan.....	16
3.3. PROSEDUR PENELITIAN	19
3.3.1. Standar Percobaan.....	19
3.3.2. Persiapan <i>Fly Ash</i>	19
3.3.3. Pembuatan Sampel Semen.....	19
3.3.4. Pengujian <i>Compressive Strength</i>	20
3.3.5. Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. PENGUJIAN <i>COMPRESSIVE STENGTH</i>	22
4.2. PENGUJIAN <i>SHEAR BOND STRENGTH</i>	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1. KESIMPULAN	27
5.2. SARAN.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram alir tugas akhir	5
Gambar 2.1	Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit.....	8
Gambar 3.1	<i>Polypropylene glycol (PPG)</i>	14
Gambar 3.2	Bentonite.....	15
Gambar 3.3	Fly Ash Kelapa Sawit.....	15
Gambar 3.4	Timbangan Digital.....	16
Gambar 3.5	<i>Constant speed Mixer</i>	17
Gambar 3.6	<i>Water Bath Temperatur Controller</i>	17
Gambar 3.7	Cetakan Sampel.....	18
Gambar 3.8	<i>Hydraulic Pressure</i>	18
Gambar 4.1	Nilai <i>compressive strength</i>	23
Gambar 4.2	Nilai <i>shear bond strength</i>	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan h/d Terhadap Koefisien Faktor	7
Tabel 2.2	Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Kelapa Sawit.....	10
Tabel 3.1	Jadwal Penelitian Tugas Akhir.....	13
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan nilai <i>compressive strength</i> Semen Dasar ditambah <i>fly ash</i> kelapa sawit	22
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan nilai <i>shear bond strength</i> Semen Dasar ditambah <i>fly ash</i> kelapa sawit	24



DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I Pembuatan Suspensi Semen
LAMPIRAN II Pengujian *Compressive Strength*
LAMPIRAN III Pengujian *Shear Bond Strength*



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

CS *compressive stength*

SBS *shear bond strength*

CPO Crude Palm Oil

BPS Badan Pusat Statistik

POFA *Palm Oil Fly Ash*

SD Semen Dasar

D Diameter

p panjang

l lebar

t tinggi



**PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* PEMBAKARAN KELAPA SAWIT
TERHADAP *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *SHEAR BOND STRENGTH*
PADA SEMEN PEMBORAN**

**TAUFIK RAHMAT
133210541**

ABSTRAK

Kualitas penyemenan sangat bergantung pada kekuatan semen, semakin keras kekuatan semen maka semakin baik pula kualitas penyemenan. Kekuatan semen dapat ditingkatkan dengan menambahkan aditif yang dapat meningkatkan kekuatan semen tetapi metode ini dapat meningkatkan biaya penyemenan. Salah satu alternatif yang bisa kita gunakan untuk meningkatkan kekuatan semen ini adalah dengan menggunakan *additive* organik, salah satunya adalah *fly ash* pembakaran kelapa sawit. Banyaknya produksi sawit di Indonesia, khususnya di Provinsi Riau, berpotensi menghasilkan banyak *fly ash* kelapa sawit. Kandungan silika (SiO_2) yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit ini dapat berfungsi sebagai *pozzolan* yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan semen sehingga biaya untuk membeli *additive* penambah kekuatan semen dapat dikurangi. Penggunaan *fly ash* kelapa sawit ini juga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang diakibatkan kurangnya pengelolaan limbah *fly ash* kelapa sawit.

Penelitian ini menguji kekuatan semen dengan menambahkan *additive fly ash* kelapa sawit dengan variasi konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. *Fly ash* yang digunakan telah disaring menggunakan mesh 200 dan dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 105°C selama ± 2 jam. Pembuatan suspensi semen dilakukan dengan mencampurkan air, *bentonite*, *polypropylene glycol*, CaCl_2 , dan *fly ash* kelapa sawit menggunakan *mixer*, setelah itu dituangkan dalam cetakan dan didiamkan pada *water bath*. Pendiaman dilakukan selama 24 jam dengan temperatur 60°C . Pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength* digunakan dengan menggunakan *hydraulic pressure*.

Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa kekuatan semen meningkat dengan menambahkan *fly ash*. Komposisi *fly ash* kelapa sawit yang menghasilkan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* optimal didapatkan dengan penambahan 7,5% dan ketika penambahan dilanjutkan maka kekuatan semen akan berkurang. Nilai *compressive strength* yang diperoleh pada komposisi penambahan 7,5% adalah 1578,09 psi dan *shear bond strength* 102,33 psi.

Kata kunci : *Fly ash, pozzolan, compressive strength, shear bond strength, hydraulic press.*

**THE EFFECT OF ADDING PALM OIL FLY ASH TO COMPRESSIVE
STRENGTH AND SHEAR BOND STRENGTH ON DRILLING CEMENT**

**TAUFIK RAHMAT
133210541**

ABSTRACT

The quality of cementing depends on the strength of the cement, the harder the strength of the cement, the better the quality of cementing. The strength of cement can be increased by adding additives that can increase cement strength but this method can increase cementing costs. One alternative that we can use to increase the strength of cement is to use organic additives, one that can be used is palm oil fly ash (POFA). The large amount of palm oil production in Indonesia, especially in Riau Province, has the potential to produce a lot of palm oil fly ash. The silica content (SiO₂) found in palm oil fly ash can function as a pozzolan which is expected to increase the strength of cement so that the cost of buying additives to increase cement strength can be reduced. The use of palm oil fly ash can also reduce the impact of environmental pollution caused by the lack of management of palm oil fly ash waste.

This study tested the strength of cement by adding palm oil fly ash additives with variations in concentrations of 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5%. Fly ash used has been filtered using 200 mesh and dried using an oven with a temperature of 105°C for ± 2 hours. Making cement suspension is carried out by mixing water, bentonite, polypropylene glycol, CaCl₂, and palm oil fly ash using a mixer, then pouring it into a mold and leaving it to the water bath. The residence is carried out for 24 hours with a temperature of 60°C. Testing of compressive strength and shear bond strength is used by using hydraulic pressure.

Based on the research it was found that the strength of cement increased by adding fly ash. The composition of palm oil fly ash which produces the highest value of compressive strength and shear bond is obtained by adding 7.5% and when the addition is continued, the strength of the cement will be reduced. The compressive strength value obtained in the composition of the addition of 7.5% is 1578.09 psi and the shear bond strength is 102.33 psi.

Keywords : *Fly ash, pozzolan, compressive strength, shear bond strength, hydraulic press.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Penyemenan adalah salah satu pekerjaan kompleksi sumur yang sangat penting. Keberhasilan penyemenan akan berakibat baik terhadap umur produksi sumur. Sebaliknya, kegagalan penyemenan akan menyebabkan kenaikan pengeluaran untuk memperbaiki *bonding* semen. Kualitas semen yang dibutuhkan dalam operasi penyemenan harus kuat dan kokoh agar *casing* tidak *collapse* dan runtuh akibat tekanan dari dinding formasi. Kualitas semen ditandai dengan tingginya nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*.

Untuk memperoleh nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*, saat ini ditambahkan beberapa *additive* pada semen pemboran. *Additive* pada semen berfungsi untuk menaikkan kekuatan (*strength*), mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan, mengatur hilangnya air lapisan ke formasi, menaikkan daya tahan semen terhadap cairan korosif, menaikkan atau menurunkan viskositas, dan mencegah hilangnya sirkulasi semen (Samura, Ainurridha, & Zabidi, 2017). Jenis *additive* ini disesuaikan agar dapat meningkatkan nilai dari *compressive strength* dan *shear bond strength* dan sesuai dengan kondisi sumur.

Menurut API kekuatan semen yang dapat digunakan agar operasi pemboran dapat dilakukan adalah sebesar 500 psi untuk *compressive strength* dan 100 psi untuk *shear bond strength* (Novrianti, 2017). Nilai dari *compressive strength* dan *shear bond strength* berbanding lurus sehingga apabila kita meningkatkan *compressive strength* maka *shear bond strength* semen akan meningkat juga. Untuk meningkatkan nilai dari *strength* ini biasanya ditambahkan silika kedalam campuran semen. Salah satu alternatif *additive* yang dapat ditambahkan dan yang berasal dari limbah organik adalah *fly ash* kelapa sawit.

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 (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. Luasnya 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. Cangkang dan sabut kelapa sawit ini dibakar pada *boiler* dengan suhu 700°C – 800°C di pabrik pengolahan kelapa sawit. Pembakaran ini dilakukan untuk menghasilkan energi yang digunakan selama proses pengolahan kelapa sawit (Yuliana, Muhardi, & Fatnanta, 2013). Sisa dari pembakaran ini menghasilkan *fly ash* dan *bottom ash* (Akbar, Zahrina, Yelmida, & Komalasawi, 2012).

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 meningkatkan *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran.

Pada penelitian yang dilakukan untuk melihat kandungan *fly ash* di beberapa negara, didapatkan hasil *fly ash* kelapa sawit mengandung komposisi silika sebesar 51,18% - 65,3% . Pada penelitian yang lain yang didapatkan bahwa *fly ash* kelapa sawit Riau memiliki kadar silika sebesar 86,7% (Zahrina, Yelmida, & Akbar, 2012). Kandungan silika yang tinggi ini dapat berfungsi sebagai *pozzolan*. *Pozzolan* ini dapat membentuk massa yang padat dan ikatan yang keras sehingga dapat menghasilkan kekuatan semen semakin meningkat (Dembovska, Bajare, Pundiene, & Vitola, 2017). Sehingga dengan penambahan *fly ash* kelapa

sawit ini diharapkan dapat meningkatkan *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen pemboran.

Kegunaan dari dilakukannya penelitian ini adalah dalam segi ekonomi dan juga dalam 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 *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. Selain itu penggunaan *fly ash* ini dapat mengurangi terbentuknya CO₂ yang terbentuk selama proses pengerasan semen (Varma & Gadling, 2016).

Pada penelitian ini, peneliti akan meneliti bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* kelapa sawit ini terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui jumlah komposisi *fly ash* kelapa sawit yang perlu ditambahkan untuk memperoleh *strength* yang optimal.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi *fly ash* pembakaran kelapa sawit terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* pada penambahan beberapa skenario konsentrasi abu *fly ash* kelapa sawit ke dalam suspensi semen pemboran.
2. Menentukan *compressive strength* dan *shear bond strength* yang tertinggi berdasarkan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit.

1.3. BATASAN MASALAH

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

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari pembakaran kelapa sawit.
2. Pendiaman dilakukan selama 24 jam dengan temperatur konstan 60⁰C.
3. Pengujian hanya dilakukan terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen.

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, 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

2.1. COMPRESSIVE STRENGTH DAN SHEAR BOND STRENGTH

Strength pada semen terbagi dua, yakni *compressive strength* dan *shear bond strength*. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan-tekanan yang berasal dari formasi maupun dari casing, sedangkan *shear strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan berat casing. Jadi *compressive strength* menahan tekanan-tekanan dalam arah horizontal dan *shear bond strength* semen menahan tekanan- tekanan dari arah vertikal (Samura et al., 2017).

Dalam mengukur *strength* semen, sering kali yang diukur adalah *compressive strength* dari pada *shear bond strength*. Umumnya *compressive strength* mempunyai harga 8 - 10 kali lebih dari harga *shear strength*. Pengujian *compressive strength* di laboratorium dilakukan dengan menggunakan alat *Curing Chamber* dan *Hydraulic Mortar*.

Curing Chamber dapat mensimulasikan kondisi lingkungan semen untuk temperatur dan tekanan tinggi sesuai dengan temperatur dan tekanan formasi. *Hydraulic Mortar* merupakan mesin pemecah semen yang sudah mengeras dalam *Curing Chamber* (Rubiandini, 2002).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *compressive strength*:

$$CS = K \times P \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Shear bond Strength* :

$$SBS = K \times P \times \frac{A_1}{\pi \times D \times h} \dots \dots \dots (2)$$

Nilai K adalah nilai koreksi yang digunakan apabila perbandingan ketinggian dan diameter tidak sama dengan 2. Berdasarkan ASTM 42, nilai perbandingan ketinggian dan diameter (h/d) harus bernilai 2 (Ridho & Khoeri, 2015). Nilai koreksi K dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan h/d Terhadap Koefisien Faktor

h/d	Koefisien Faktor
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1	0,87

Sumber : (Ridho & Khoeri, 2015)

2.2. ADDITIVE

Additive merupakan bahan-bahan yang ditambah dalam membuat bubuk semen. Bahan-bahan ini ditambahkan untuk mendapatkan sifat-sifat bubuk semen sesuai dengan yang diinginkan. *Additive* ditambahkan pada semen untuk memberikan variasi yang lebih luas pada sifat-sifat bubuk semen agar memenuhi persyaratan yang diinginkan.

Adapun jenis-jenis *additive* yang biasa digunakan dalam operasi penyemenan adalah sebagai berikut (Smith, 1990):

- a. *Accelerator*, digunakan untuk mengurangi waktu WOC, dan untuk mencegah *lost circulation*. Contohnya *Calcium chloride*, *Sodium chloride*, *gypsum*, dan lain-lain.
- b. *Retarder*, digunakan untuk meningkatkan *thickening time* dan mengurangi viskositas campuran semen. Contohnya *Lignosulfonate*, asam organik, CMHEC, dan lain-lain.
- c. *Weight-reducing additives*, digunakan untuk mengurangi *lost circulation* dan mengurangi berat semen. Contohnya *bentonite*, *gilsonite*, *perlite*, dan lain-lain.
- d. *Heavyweight additives*, digunakan meningkatkan berat semen dan untuk melawan tekanan yang tinggi. Contohnya yaitu *hemalite*, *limonite*, *barite*, dan lain-lain.
- e. *Additives for controlling lost circulation*, digunakan untuk menghindari *lost circulation*, meningkatkan *fill up*. Contohnya yaitu *gilsonite*, *gypsum cement*, *walnut hulls*, dan lain-lain.

- f. *Filtration control additives*, digunakan untuk *squeeze cementing*, penyemenan pada formasi yang sensitive terhadap air. Contohnya yaitu *polymer*, *CMHEC*, *latex*, dan lain-lain.
- g. *Dispersants*, digunakan untuk mengurangi viskositas, mengurangi kekuatan pemompaan dan meningkatkan *flow properties*. Contohnya yaitu *polymer*, *sodium chloride*, dan lain-lain.
- h. *Special Additive*, terdapat bermacam-macam *additive* lainnya yang dikelompokkan sebagai *specially additive*, diantaranya adalah *mud decontaminant*, *radioactive tracers*, *antifoam agent*, *silica*, *strengthening agent*, dan *gelling agent*.

2.3. FLY ASH KELAPA SAWIT

2.3.1. Sumber Fly Ash

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



Gambar 2.1 Cangkang dan Sabut Kelapa Sawit

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 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 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 temperatur 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).

Setiap 1 ton kelapa sawit mampu menghasilkan limbah sabut kelapa sawit sekitar 13% atau 130 kg dan juga limbah cangkang kelapa sawit sekitar 6,5% atau 65 kg (Haryanti, Norsamsi, Sholiha, & Putri, 2014). Dari total berat cangkang dan sabut kelapa sawit yang dibakar ini dapat diperoleh sekitar 15% abu sisa pembakaran dan lebih dari 50% merupakan *fly ash* (Akbar et al., 2012). Jadi sekitar 13 kg *fly ash* kelapa sawit yang dihasilkan untuk setiap 1 ton produksi kelapa sawit.

Abu sisa pembakaran ini kurang terkelola dengan baik karena biasanya hanya digunakan untuk menimbun jalan yang rusak atau hanya dibuang pada tempat pembuangan. Apabila kita dapat memanfaatkan abu sisa pembakaran ini, maka kita dapat mengurangi dampak kerusakan di alam dan Allah menyukai orang yang berbuat kebaikan pada alam. Seperti yang terdapat dalam salah satu ayat Al-Qur'an Al A'raf 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ

المُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (Tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. (QS al-A'raf |7|: 56).

2.3.2. 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* telah dicoba sebagai bahan campuran. *Fly ash* juga dapat digunakan sebagai sumber silika untuk sintesis karena kandungan silika (SiO_2) yang tinggi (Zahrina et al., 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit. Menurut penelitian yang dilakukan pada pabrik di Malaysia, kandungan yang terdapat pada *ash* kelapa sawit yaitu SiO_2 sebesar 59,1% - 68,07% (Tang et al., 2019). Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Zahrina pada salah satu pabrik kelapa sawit di Riau terdapat kandungan silika sebesar 86,7% (Zahrina et al., 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 Riau, yaitu:

Tabel 2.2 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)

Perbedaan kandungan silika itu dapat terjadi karena perbedaan pada proses pengolahan, terutama pada temperatur pembakaran (Fox, 2005). 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 (Suparna, Panggabean, & Mude, 2014).

Berdasarkan ASTM C-618, kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yang termasuk dalam kategori untuk dijadikan pozzolan dalam campuran beton adalah 50% untuk kelas C serta 70% untuk kelas F (Farandia et al., 2014). Dari berbagai sumber yang didapatkan, kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit di Riau memiliki kisaran nilai antara 50%-80%. Oleh sebab itu maka *fly ash* yang terdapat di Riau bisa digunakan sebagai bahan tambahan terhadap semen.

2.4. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian tentang penggunaan *fly ash* terhadap semen telah sering dilakukan. Tidak hanya *fly ash* yang berasal dari pembakaran kelapa sawit, tetapi juga ada yang berasal dari sisa pembakaran batubara. Penggunaan *fly ash* ini beragam jumlahnya, tetapi biasanya digunakan sebanyak <25%. Bahkan juga telah ada penelitian yang menggunakan 40-60% dan menunjukkan hasil yang bagus. Tetapi penggunaan yang besar (>25%) memiliki kendala seperti lamanya waktu pengerasan dan kurangnya kekuatan pada awal pengerasan sehingga dapat mengakibatkan lamanya proses pengerjaan (Thomas, 2007).

Pada penelitian yang menggunakan *fly ash* kelapa sawit sebagai pengganti pasir dalam campuran pembuatan beton, didapatkan kekuatan optimal dengan komposisi *fly ash* sebanyak 15% (Rahman & Fathurrahman, 2018). Tetapi kekuatan beton itu akan berkurang apabila kadar *fly ash* semakin ditambah. Penelitian ini juga mendapatkan hasil bahwa semakin lama umur beton, maka kekuatannya akan semakin tinggi.

Pada pengujian yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan aditif yang dicampurkan kedalam semen, didapatkan komposisi *fly ash* yang optimum adalah sebesar 7,5%. Tetapi kekuatan semen ini dibawah kekuatan semen yang tanpa penambahan *fly ash*. Kekuatan semen ini diuji setelah perendaman selama 28 hari dan menggunakan temperatur perendaman 36°C. Tetapi kekuatan semen terjadi peningkatan ketika umur semen semakin tinggi yaitu 56 hari. Pada saat pengujian

didapatkan hasilnya lebih tinggi daripada semen tanpa tambahan *fly ash* kelapa sawit (Reza, Karolina, & Tarigan, 2017).

Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian lain yang menggunakan komposisi *fly ash* sebanyak 20%. Pada penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *compressive strength* semen yang lebih tinggi pada pengujian selama 56 hari (Bamaga, Hussin, & Ismail, 2013). Hal itu dikarenakan banyaknya silika (SiO_2) yang terdapat dalam campuran semen yang bereaksi dengan *calcium hydroxide* setelah beberapa lama yang menghasilkan ikatan *calcium silicate hydrate gel* yang meningkatkan kekuatan semen (Junaidi, 2015). Ketahanan terhadap asam juga terlihat sebesar 37% pada semen yang ditambahkan *fly ash* sebanyak 20% ini dibandingkan dengan yang tidak ditambahkan.

Pada penelitian yang lain melihat pengaruh temperatur terhadap kekuatan semen yang ditambahkan dengan *fly ash* kelapa sawit. Dari percobaan itu ditemukan bahwa pada temperatur standar kekuatan semen yang ditambah *fly ash* mengalami penurunan dibanding dengan yang tidak dicampur. Tetapi dengan menggunakan temperatur 40°C terjadi peningkatan kekuatan semen. Dengan menggunakan temperatur 50°C kekuatan semen itu hampir sama dengan kekuatan semen yang tidak dicampur dengan *fly ash* kelapa sawit (Elsageer, Millard, & Stephanie, 2009).

Penelitian yang lain juga melihat pengaruh temperatur terhadap kekuatan semen yang dicampur dengan *fly ash*. Penelitian ini menemukan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula kekuatan semen. Temperatur optimal yang didapatkan adalah sebesar 70°C, apabila lebih dari itu maka akan mulai terjadi penurunan kekuatan semen (Memon, Nuruddin, Demie, & Shafiq, 2011). Hal ini dikarenakan pada temperatur ini terjadi peningkatan pada reaksi *calcium silicate hydrate* sehingga kekuatan semen akan meningkat pula.

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 *fly ash* terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran. Metode penelitian meliputi waktu dan tempat penelitian, bahan dan peralatan, serta prosedur penelitian.

3.1. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboraturium Pemboran Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu bulan Maret sampai dengan April 2018. 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	Maret				April			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan Bahan								
2.	Penelitian di Laboraturium								
3.	Analisis Hasil Perhitungan								
4.	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 *additive* untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland Type I produksi PT. Semen Padang

Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Lebih tepat digunakan pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0,0% - 0,1%. Semen ini juga dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, dan lain-lain (PT Semen Padang). Semen jenis ini digunakan karena tidak adanya semen kelas G yang biasa digunakan pada pembuatan semen pemboran.

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)

Polypropylene glycol digunakan untuk mengatasi gelembung atau *foam* pada saat semen diaduk. Gelembung yang terbentuk pada saat pengadukan dapat mengakibatkan terbentuknya pori-pori saat semen mengeras. Pori-pori pada semen ini menyebabkan kekuatan semen akan sangat berkurang.



Gambar 3.1 *Polypropylene glycol* (PPG)

4. *Bentonite*

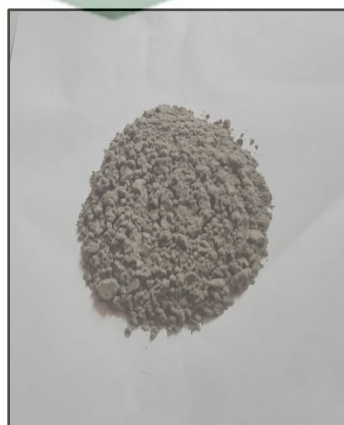
API merekomendasikan kadar bentonite yang digunakan adalah 1% sampai 5,3% bwoc yang berlaku untuk seluruh kelas semen. *Bentonite* merupakan *fluid loss control agent* yang berfungsi mencegah hilangnya fasa *liquid* semen ke dalam formasi, sehingga terjaga kandungan cairan pada suspensi semen. *Bentonite* juga dapat mengurangi *free water* dari suspensi semen (Zomorrodian, Vipulanandan, & Richardson, 2013). *Bentonite* dapat menjadi *viscosity modifying agent* karena dengan penambahan *bentonite* mengakibatkan meningkatkan *apparent viscosity*, *yield stress*, dan konsistensi (Benyounes & Benmounah, 2014).



Gambar 3.2 Bentonite

5. *Fly Ash* Kelapa sawit

Fly ash kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari PKS Tasma Puja, Kampar. *Fly ash* ini kemudian di oven agar mengurangi kandungan air dan disaring dengan menggunakan saringan mesh 200. Nilai *specific gravity* yang diperoleh dari penelitian ini adalah 2,0.



Gambar 3.3 Fly ash kelapa sawit

Fly ash merupakan salah satu hasil sisa pembakaran yang terdiri dari partikel halus dan menunjukkan sifat-sifat seperti semen. *Fly ash* sebagai *pozzolan* menunjukkan peningkatan yang signifikan pada peningkatan sifat dasar semen baik pada keadan baru maupun keadan mengeras. *Fly ash* juga telah digunakan pada campuran pembuatan semen karena mengurangi penggunaan bahan, mengurangi perhatian pada lingkungan pada produksi CO₂, dan juga mengurangi kenaikan temperatur saat semen mengeras (Varma & Gadling, 2016). Pada penelitian yang dilakukan oleh Munir, *fly ash* kelapa sawit dapat digunakan pada campuran semen yang berbuih (Munir et al., 2015). *Fly ash* juga telah berhasil meningkatkan kekuatan pada beton normal sebagai pengganti pasir (Rahman & Fathurrahman, 2018).

Fly ash kelapa sawit yang digunakan pada percobaan ini tidak lebih dari 15%, karena apabila lebih dari itu akan mengurangi kekuatan semen diawal proses pengerasan (Thomas, 2007). Penambahan komposisi *fly ash* yang digunakan pada percobaan ini adalah 2,5%. Kemudian dilanjutkan hingga mencapai 12,5%.

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 *additive* yang akan digunakan. Gambar timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.4 Timbangan Digital
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

2. *Constant speed Mixer*

Constant speed Mixer adalah alat untuk mengaduk material suspensi semen serta semua *additive* agar tercampur merata. Gambar *Constant Speed Mixer* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.5 *Constant speed Mixer*
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3. *Water Bath Temperatur Controller*

Water Bath Temperatur Controller adalah alat untuk mengontrol *temperature* semen agar tetap konstan pada pembuatan sampel pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*. Gambar *Water Bath Temperatur Controller* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.6 *Water Bath Temperatur Controller*
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

4. Cetakan Sampel

Cetakan Sampel adalah alat untuk mencetak sampel semen yang akan digunakan pada pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*. Gambar Cetakan Sampel dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.7 Cetakan Sampel
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

5. Hydraulic Press

Hydraulic Press adalah alat untuk mengukur kekuatan tekanan retak semen pemboran. Gambar *Hydraulic Press* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.8 Hydraulic Pressure
(Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3.3. PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1. Standar Percobaan

Standar percobaan yang digunakan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Persiapan sampel *fly ash* menggunakan ASTM C 117-03
2. Pembuatan sampel menggunakan IS : 9013 – 1978 (Reaffirming 2004).
3. Pengujian menggunakan *hydraulic press* menggunakan SNI 03-1974-1990.

3.3.2. Persiapan *Fly Ash*

Pertama-tama *fly ash* dimasukkan kedalam oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C}\pm 5$ selama satu jam untuk mengurangi kadar air. Kemudian saring dengan menggunakan *sieve* nomor 200 *mesh*. Sebelum digunakan, simpan pada wadah kering dan tertutup.

3.3.3. Pembuatan Sampel Semen

1. Menimbang bahan yang digunakan. Perhitungan untuk menimbang bahan dapat dilihat pada Lampiran 1.
2. Mencampur bubuk semen dengan *additive* bentonite, CaCl_2 , dan *fly ash* kelapa sawit dalam kondisi kering.
3. Memasukkan air ke dalam gelas dan campurkan dengan PPG. Letakkan gelas padaudukannya di mixer, kemudian menjalankan *mixer* pada kecepatan 4000 rpm dan memasukkan campuran semen kedalamnya. Lanjutkan pengadukan pada kecepatan tinggi 1200 rpm selama 3 menit.
4. Mengoleskan *grease* ke dalam cetakan kubik sedangkan untuk cetakan silinder *casing* tidak diolesi *grease*.
5. Menuangkan sampel suspensi semen dari *mixer* kedalam cetakan yang telah tersedia. Bungkus menggunakan *plastic wrap* dan juga aluminium *foil*.
6. Masukkan cetakan beserta sampel kedalam *water bath* untuk kemudian dilakukan pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*. Pendiaman dilakukan selama 24 jam dengan temperatur 60°C .

3.3.4. Pengujian *Compressive Strength*

1. Setelah 24 jam, keluarkan sampel dari water bath dan buka plastik pembungkus kemudian melepaskan semen dari cetakan sampel kubik.
2. Membersihkan permukaan sampel dari tetesan air dan pasir maupun gerusan butiran semen agar tidak menempel pada *bearing* blok mesin penguji.
3. Ratakan permukaan sampel sebelum dimasukkan kedalam alat *hydraulic press*.
4. Meletakkan sampel semen dalam blok *bearing* dan atur supaya tepat ditengah-tengah permukaan blok *bearing* di atasnya dan blok *bearing* dibawahnya, sampel semen harus berdiri vertikal.
5. Menghidupkan motor penggerak pompa dan jangan melakukan pengaturan (pembetulan) pada kontrol *testing* selama pembebanan maksimum ketika batuan pecah.
6. Mencatat hasil pembebanan maksimum tersebut.

3.3.5. Pengujian *Shear Bond Strength*

1. Setelah 24 jam, keluarkan sampel dari water bath dan buka plastik pembungkus kemudian mengambil cetakan sampel silinder *casing* yang berisi semen.
2. Membersihkan permukaan sampel dan permukaan *mold* dari tetesan air dan pasir maupun gerusan butiran semen agar tidak menempel pada *bearing block* mesin penguji.
3. Meletakkan *mold* silinder yang berisi sampel semen pada *holder* silinder penyangga yang didudukan pada *bearing block hydraulic* bagian bawah. Posisi sampel harus berdiri vertikal.
4. Mendudukan batang pendorong pada permukaan sampel semen dan menurunkan posisi *bearing block hydraulic* bagian atas dengan memutar tangkai pengontrol spiral.
5. Jangan melakukan pengaturan pada kontrol testing motor selama pembebanan sampai terjadi pergeseran sampel semen dari *casing* sampel.

Pada saat terjadi pergeseran merupakan harga pembebanan yang maksimum.

6. Mencatat harga pembebanan geser maksimum.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

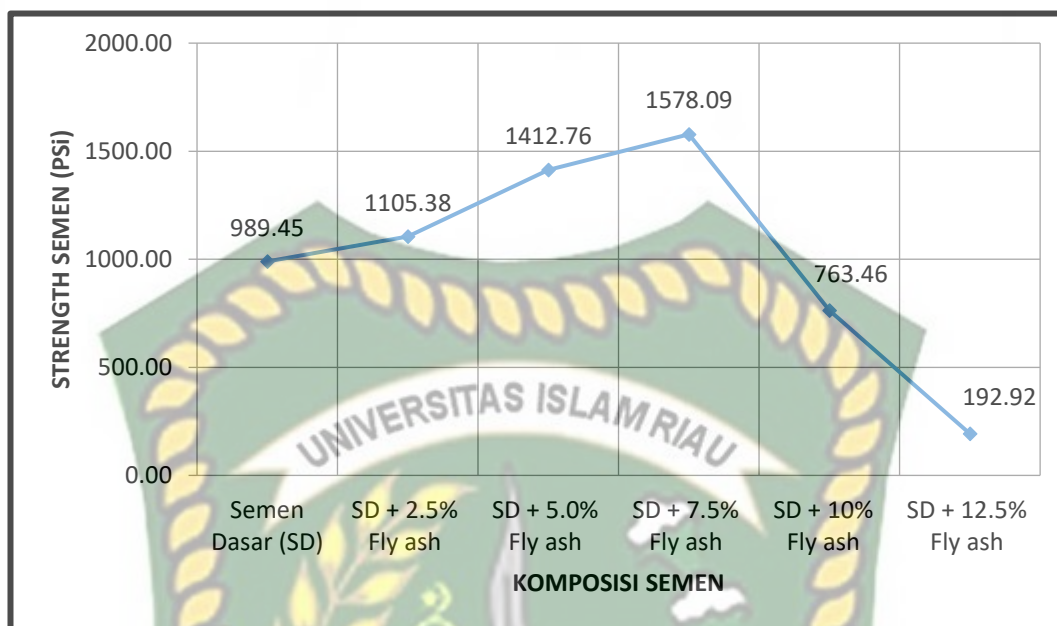
Pada penelitian di laboratorium, peneliti melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh *fly ash* kelapa sawit terhadap *compressive strength* dan *shearbond strength*. Pengujian *compressive strength* dan *shearbond strength* ini dilakukan sesuai dengan prosedur yang terdapat pada halaman 18 dan perhitungan semen dasar dengan berbagai variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan persamaan 4, 5, 6 pada tinjauan pustaka dan perhitungannya dapat dilihat pada lampiran I. Untuk perhitungan *compressive strength* dan *shearbond strength* digunakan persamaan 1 dan 2 pada tinjauan pustaka, sedangkan untuk perhitungan *compressive strength* dan *shearbond strength* dapat dilihat pada lampiran II dan hasil yang di peroleh adalah sebagai berikut :

4.1. PENGUJIAN COMPRESSIVE STENGTH

Pengujian *compressive strength* pada semen dasar dan semen yang ditambahkan dengan konsentrasi *fly ash* kelapa sawit yang terdiri dari konsentrasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% bwoc.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan nilai *compressive strength* Semen Dasar ditambah *fly ash* kelapa sawit

Komposisi Suspensi Semen	Nilai CS (psi)
Semen Dasar (SD)	989,45
SD + 2,5 % <i>fly ash</i> kelapa sawit	1105,38
SD + 5% <i>fly ash</i> kelapa sawit	1412,76
SD + 7,5 <i>fly ash</i> kelapa sawit	1578,09
SD + 10% <i>fly ash</i> kelapa sawit	763,46
SD + 12,5 <i>fly ash</i> kelapa sawit	192,92



Gambar 4.1 Nilai *Compressive Strength*

Pada gambar 4.1 terlihat penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap peningkatan nilai *compressive strength*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 2,5% *fly ash* kelapa sawit diperoleh nilai *compressive strength* sebesar 1105,38 psi, penambahan 5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *compressive strength* sebesar 1412,76 psi, penambahan 7,5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *compressive strength* sebesar 1578,09 psi, penambahan 10% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *compressive strength* sebesar 736,46 psi, dan penambahan 12,5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *compressive strength* sebesar 192,92 psi. Penambahan *fly ash* kelapa sawit pada konsentrasi 10% dan 12,5% menyebabkan terjadinya penurunan nilai *compressive strength* sehingga *fly ash* kelapa sawit dengan konsentrasi 7,5% merupakan konsentrasi yang menghasilkan nilai *compressive strength* optimum.

Terjadinya peningkatan nilai *compressive strength* pada *fly ash* kelapa sawit disebabkan karena *fly ash* merupakan salah satu bahan *pozzolan*. Silika yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit akan bersifat reaktif apabila bersenyawa dengan kalsium dan air. Hasil dari reaksi ini menghasilkan ikatan *calcium silica hydrate* (C – S – H) yang merupakan sifat semen (Varma & Gadling, 2016). Dengan komposisi C – S – H yang tepat maka kekuatan semen akan meningkat.

Jadi komposisi semen dengan penambahan sebanyak 7,5% merupakan jumlah yang optimum.

Peningkatan juga terjadi karena pengaruh temperatur perendaman yang digunakan, yaitu 60°C. Dipercaya bahwa kekuatan semen yang dicampur *fly ash* meningkat dengan menggunakan temperatur 60°C-90°C. Hal itu dikarenakan temperatur yang lebih tinggi mengaktifkan fasa *alumino-silicate* yang terdapat di dalam *fly ash* (Memon et al., 2011). Sehingga kekuatan semen yang ditambahkan *fly ash* akan terjadi peningkatan.

Terjadinya penurunan nilai *compressive strength fly ash* kelapa sawit pada konsentrasi diatas 10% disebabkan karena reaksi pozzolanik yang tidak sempurna. Penambahan *fly ash* kelapa sawit yang banyak akan mengakibatkan banyaknya unsur silika yang tidak dapat bereaksi dengan kalsium. Sehingga ikatan C – S – H yang tidak sempurna mengakibatkan rendahnya nilai kekuatan semen (Junaidi, 2015).

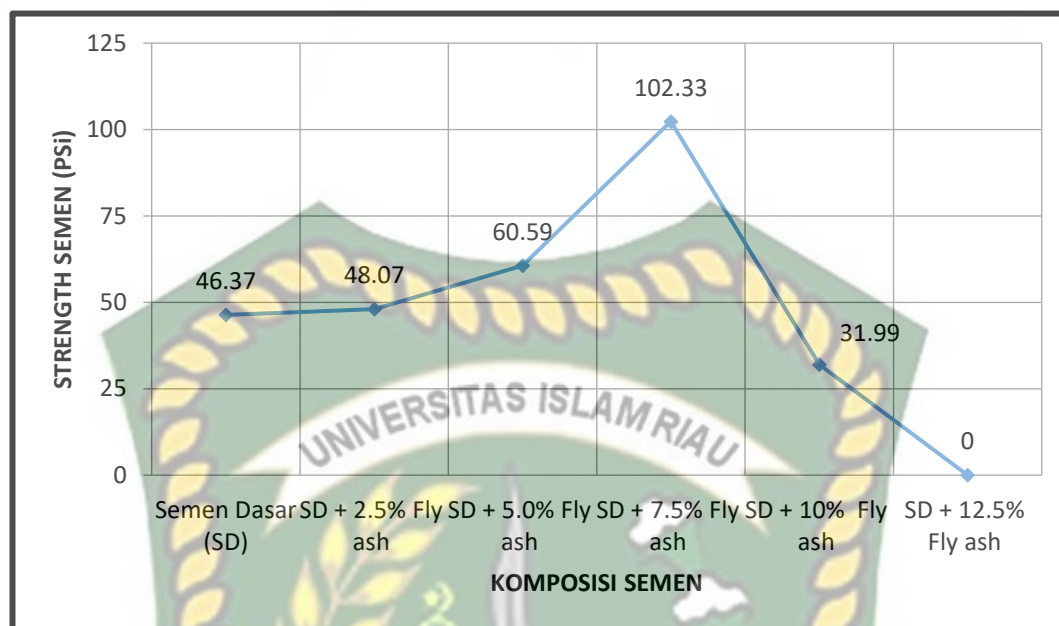
Fly ash kelapa sawit juga memiliki sifat menyerap air. Berkurangnya kandungan air mengakibatkan air yang dibutuhkan untuk proses *workability* berkurang (Safiuddin, Salam, & Jumaat, 2013). Ikatan C – S – H akan berkurang dengan berkurangnya air, sehingga kekuatan semen akan berkurang pula.

4.2. PENGUJIAN *SHEAR BOND STRENGTH*

Pengujian *Shear Bond Strength* juga di lakukan pada semen dasar dan semen yang ditambahkan dengan konsentrasi *fly ash* kelapa sawit yang terdiri dari penambahan *fly ash* sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% bwoc.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan nilai *shear bond strength* Semen Dasar ditambah *Fly Ash* kelapa sawit.

Komposisi Suspensi Semen	Nilai SBS (psi)
Semen Dasar (SD)	46,37
SD + 2,5 % <i>fly ash</i> kelapa sawit	48,07
SD + 5% <i>fly ash</i> kelapa sawit	60,59
SD + 7,5 <i>fly ash</i> kelapa sawit	102,33
SD + 10% <i>fly ash</i> kelapa sawit	31,99
SD + 12,5 <i>fly ash</i> kelapa sawit	0



Gambar 4.2 Nilai *Shear Bond Strength*

Pada gambar 4.2 terlihat penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit berpengaruh terhadap peningkatan nilai *shear bond strength*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 2,5% *fly ash* kelapa sawit di peroleh nilai *shear bond strength* sebesar 48,07 psi, penambahan 5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *shear bond strength* sebesar 60,59 psi, penambahan 7,5% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *shear bond strength* sebesar 102,33 psi, penambahan 10% *fly ash* kelapa sawit menghasilkan nilai *shear bond strength* sebesar 31,99 psi, dan penambahan 12,5% *fly ash* kelapa sawit tidak terlihat seberapa besar atau dianggap 0 psi. Penambahan *fly ash* kelapa sawit pada konsentrasi 10% dan 12,5% menyebabkan terjadinya penurunan nilai *shear bond strength* sehingga *fly ash* kelapa sawit dengan konsentrasi 7,5% merupakan konsentrasi yang menghasilkan nilai *shear bond strength* optimum.

Terjadinya peningkatan nilai *shear bond strength* pada *fly ash* kelapa sawit disebabkan karenan *fly ash* merupakan salah satu bahan *pozzolan*. Silika yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit akan bersifat reaktif apabila bersenyawa dengan kalsium dan air. Hasil dari reaksi ini menghasilkan ikatan *calcium silica hydrate* (C – S – H) yang merupakan sifat semen (Varma & Gadling, 2016). Dengan komposisi C – S – H yang tepat maka kekuatan semen akan meningkat. Jadi

komposisi semen dengan penambahan sebanyak 7,5% merupakan jumlah yang optimum.

Terjadinya penurunan nilai *shear bond strength fly ash* kelapa sawit pada konsentrasi diatas 10% disebabkan karena reaksi pozzolanik yang tidak sempurna. Penambahan *fly ash* kelapa sawit yang banyak akan mengakibatkan banyaknya unsur silika yang tidak dapat bereaksi dengan kalsium. Sehingga ikatan C – S – H yang tidak sempurna mengakibatkan rendahnya nilai kekuatan semen (Junaidi, 2015).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan sehingga didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit pada campuran semen sampai 7,5% terjadi kenaikan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*. Nilai tertinggi penambahan variasi konsentrasi *fly ash* kelapa sawit pada 7,5%. Sedangkan pada konsentrasi *fly ash* kelapa sawit 10% dan 12,5% terjadi penurunan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*.
2. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan nilai *compressive strength* tertinggi yang diperoleh pada variasi konsentrasi 7,5% sebesar 1578,09 psi. Nilai *shear bond strength* tertinggi yang diperoleh juga pada variasi konsentrasi 7,5% sebesar 102,33 psi.

5.2. SARAN

Diharapkan kepada peneliti selanjutnya agar dapat melakukan penelitian dengan menggunakan *fly ash* kelapa sawit untuk menentukan pengaruh *fly ash* kelapa sawit terhadap rheologi semen lainnya seperti *thickening time* dan *filtration loss*. Penelitian juga dapat dilakukan untuk mencari temperetur pendiaman yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Zahrina, I., Yelmida, & Komalasawi, D. (2012). Kajian Variasi Perbandingan Volume Reaktan pada Sintesis Zeolit 4A dari Fly Ash Sawit dengan Temperatur 70°C dan 80°C. *Jurnal Teknobiologi*, 3(2), 97–103.
- Bamaga, S. O., Hussin, M. W., & Ismail, M. A. (2013). Palm Oil Fuel Ash: Promising supplementary cementing materials. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(7), 1708–1713. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-1241-9>
- Benyounes, K., & Benmounah, A. (2014). Effect of Bentonite on the Rheological Behavior of Cement Grout in Presence of Superplasticizer. *International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering*, 8(11), 1140–1143.
- Dembovska, L., Bajare, D., Pundiene, I., & Vitola, L. (2017). Effect of Pozzolanic Additives on the Strength Development of High Performance Concrete. *Procedia Engineering*, 172, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.050>
- Dunstan, E. R. (2011). How Does Pozzolanic Reaction Make Concrete “Green”? *2011 World of Coal Ash (WOCA) Conference*, 1–14.
- Elsageer, M. a, Millard, S. G., & Stephanie, J. (2009). Strength Development of Concrete Containing Coal Fly Ash Under Different Curing Temperature Conditions. *World of Coal Ash (WOCA) Conference*, 11.
- Farandia, R. Y., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2014). Kinerja Beton High Volume POFA. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Dan Sains*, 1(1).
- Febijanto, I. (2010). Pemanfaatan Potensi Gas Metana di Pabrik Kelapa Sawit Sei Silau, PTPN3, Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 11(3), 459–474.
- Fox, J. M. (2005). Changes in Fly Ash With Thermal Treatment. *2005 WorldofCoal Ash(WOCA), April 11-15, Lexington, Kentucky,USA*, 1–15.
- Haryanti, A., Norsamsi, Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*, 3(2).
- Junaidi, A. (2015). Pemanfaatan Silika Gel untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 4(2), 53–64.
- Memon, F. A., Nuruddin, M. F., Demie, S., & Shafiq, N. (2011). Effect of Curing Conditions on Strength of Fly Ash-Based Self-Compacting Geopolymer Concrete. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 5(8), 342–345. <https://doi.org/10.24200/sci.2017.2419>
- Munir, A., Abdullah, Huzaim, Sofyan, Irfandi, & Safwan. (2015). Utilization of Palm Oil Fuel Ash (POFA) in Producing Lightweight Foamed Concrete for Non-structural Building Material. *Procedia Engineering*, 125, 739–746. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.119>

- Novrianti. (2017). Studi Laboratorium Pengaruh Nanocomposite Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Free Water dan Kekuatan Semen Pemboran. *Journal of Earth Energy Engineering*, 5(1), 21–27.
- Rahman, F., & Fathurrahman, F. (2018). Pemanfaatan Hasil Pembakaran Limbah Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Pengganti Pasir pada Pembuatan Beton Normal. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 30–40. <https://doi.org/10.33084/mits.v6i1.259>
- Reza, M., Karolina, R., & Tarigan, J. (2017). Pengaruh Limbah Abu Boiler dan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen dalam Campuran Beton, (1), 90–95.
- Ridho, F., & Khoeri, H. (2015). Perbandingan Mutu Beton Hasil UPVT Metode Indirect Terhadap Mutu Beton Hasil Hammer Test dan Core Drill. *Jurnal Konstruksia*, 6(2), 25–39.
- Safiuddin, M., Salam, M. A., & Jumaat, M. Z. (2013). Utilization of Palm Oil Fuel Ash in Concrete: a Review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(2), 234–247. <https://doi.org/10.3846/13923730.2011.574450>
- Samura, L., Ainurridha, K. A., & Zabidi, L. (2017). Pengujian Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif Retader. *Petro*, 6(2), 49–54. <https://doi.org/10.25105/petro.v6i2.3103>
- Smith, D. K. (1990). *Cementing*. Richardson, Texas: SPE Monograph Series.
- Suarnita, I. wayan. (2011). Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash Ex. Pltu Mpanau Tavaeli. *Smartek*, 9(1), 1–10.
- Suparna, L. B., Panggabean, T. W., & Mude, S. (2014). Potensi Penggunaan Limbah Kelapa Sawit sebagai Agregat Pengisi Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Base. *Jurnal Transportasi*, 14(2), 87–96.
- Tang, W. Le, Lee, H. S., Vimonsatit, V., Htut, T., Singh, J. K., Hassan, W. N. F. W., ... Alharthi, N. (2019). Optimization of Micro and Nano Palm Oil Fuel Ash to Determine the Carbonation Resistance of the Concrete in Accelerated Condition. *Materials*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/ma12010130>
- 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](https://doi.org/10.1016/0009-2614(86)85022-9)
- Varma, M. B., & Gadling, P. (2016). Additive to Cement – A Pozzolanic Material-Fly Ash. *International Journal of Engineering Research*, 6890(5), 558–564. <https://doi.org/10.17950/ijer/v5i3/010>
- Yuliana, R., Muhardi, & Fatnanta, F. (2013). Karakteristik Fisis dan Mekanis Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) dalam Geoteknik. *Teknik Sipil, Universitas Riau*. Retrieved from

http://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/4975/TSS1_Rizqi_Yuliana_0807132851_jurnal.pdf?sequence=1

Zahrina, I., Yelmida, & Akbar, F. (2012). Sintesis ZSM-5 dari Fly Ash Sawit Sebagai Sumber Silika dengan Variasi Nisbah Molar Si / Al dan Temperatur Sintesis. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 9(2), 94–99.

Zomorrodian, A., Vipulanandan, C., & Richardson, D. (2013). Bentonite Contamination on the Fluid Loss in a Oil Well Cement. *CIGMAT-2013 Conference & Exhibition*, 5–6. <https://doi.org/10.2118/68674-ms>

