

**PENGARUH *ADDITIVE* DARI CMC BATANG  
PISANG NANGKA DAN PISANG BATU TERHADAP  
*FILTRATION LOSS* DAN *COMPRESSIVE STRENGTH*  
PADA SEMEN PEMBORAN**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**MHD. HARIS  
133210038**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2019**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Saya bersedia dicopot gelar dan ijazah jika ditemukan pemalsuan data atau plagiat dari penulisan lain.

Pekanbaru, 14 Desember 2018

**MHD. HARIS**  
**133210038**



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhana 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. Ir. H. Ali Musnal, MT. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Idham Khalid, ST., MT. selaku dosen pembimbing 2, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Richa Melysa, ST., MT. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
3. Kepala Laboratorium, Instruktur dan Laboratorium Pemboran Teknik Perminyakan yang telah membantu penelitian tugas akhir ini.
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. Orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral.
6. Sahabat-sahabat saya Teknik Perminyakan angkatan 2013 yang telah mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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, 14 Desember 2018

Penulis

**MHD. HARIS**





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL DEPAN</b>	
<b>HALAMAN SAMPUL DALAM</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG .....	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN .....	2
1.3. BATASAN MASALAH .....	2
1.4. METODOLOGI PENELITIAN .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Tanaman Pohon Pisang .....	4
2.1.1 Spesies Pohon Pisang .....	4
2.1.2 Batang Pohon Pisang .....	6
2.1.3 Selulosa .....	7
2.2. <i>CARBOXYMETHYL CELLULOSE</i> (CMC) .....	7
2.3. SEMEN PEMBORAN .....	9
2.3.1 Fungsi Semen .....	9
2.3.2 Klasifikasi Semen .....	10
2.3.3 <i>Additive</i> Semen .....	11

2.4. <i>Filtration Loss</i> .....	12
2.5. <i>Compressive Strength</i> .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Metode Penelitian .....	14
3.2 Tempat Penelitian .....	14
3.3 Waktu Penelitian .....	14
3.4 Jenis Data .....	14
3.5 Sampel Penelitian .....	14
3.6 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
3.6.1 Bahan Penelitian .....	15
3.6.2 Alat Penelitian .....	15
3.7 Prosedur Penelitian .....	21
3.7.1 Pembuatan CMC Dari Batang Pisang .....	21
3.7.2 Prosedur Pengujian <i>Filtration Loss</i> .....	21
3.7.3 Prosedur Pengujian <i>Compressive Strength</i> .....	25
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Hasil Analisis Pengujian SEM EDX .....	28
4.2.1 CMC Batang Pisang Nangka .....	29
4.2.2 CMC Batang Pisang Batu .....	31
4.2 <i>Filtration Loss</i> .....	32
4.3 <i>Compressive Strength</i> .....	34
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>36</b>
5.1 KESIMPULAN .....	36
5.2 SARAN .....	36

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	3
<b>Gambar 3.1</b>	Timbangan Digital .....	16
<b>Gambar 3.2</b>	Gelas Ukur .....	16
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Stopwatch</i> .....	17
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Mud Mixer</i> .....	17
<b>Gambar 3.5</b>	<i>Mud Balance</i> .....	18
<b>Gambar 3.6</b>	LPLT <i>Filter Press</i> .....	18
<b>Gambar 3.7</b>	Cawan .....	18
<b>Gambar 3.8</b>	Oven .....	19
<b>Gambar 3.9</b>	Blender .....	19
<b>Gambar 3.10</b>	Cetakan Kubik .....	20
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Water Bath</i> .....	20
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Hydraulic press</i> .....	21
<b>Gambar 3.13</b>	Diagram Alir Proses Pembuatan CMC Batang Pisang .....	21
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Sample</i> Batang Pisang Batu .....	22
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Sample</i> Setelah Proses Perebusan ( <i>Digestion</i> ) .....	22
<b>Gambar 3.16</b>	<i>Sample</i> Setelah Proses Pemutihan ( <i>Bleaching</i> ) .....	23
<b>Gambar 3.17</b>	Proses Penyaringan <i>Sample</i> .....	24
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Sample</i> CMC Batang Pisang Batu .....	24
<b>Gambar 4.1</b>	Permukaan CMC BPN dengan 1000 $\mu$ m perbesaran .....	30
<b>Gambar 4.2</b>	Permukaan CMC BPN dengan 5000 $\mu$ m perbesaran .....	30
<b>Gambar 4.3</b>	Permukaan CMC BPB dengan 10 $\mu$ m perbesaran .....	31
<b>Gambar 4.4</b>	Permukaan CMC BPB dengan 5000 $\mu$ m perbesaran .....	32
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Perbandingan <i>Filtration Loss</i> .....	33
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Perbandingan <i>Compressive Strength</i> .....	35
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Perbandingan <i>Shear Bond Strength</i> .....	36

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	Perbandingan h/d Terhadap Koefisien Faktor .....	26
<b>Tabel 4.1</b>	Komposisi Unsur Kimia CMC Batang Pisang Nangka .....	28
<b>Tabel 4.2</b>	Komposisi Unsur Kimia CMC Batang Pisang Batu .....	30
<b>Tabel 4.3</b>	Perbandingan Hasil Pengamatan <i>Filtration Loss</i> .....	32
<b>Tabel 4.4</b>	Perbandingan Hasil Pengamatan <i>Compressive Strength</i> .....	33
<b>Tabel 4.5</b>	Perbandingan Hasil Pengamatan <i>Shear Bond Strength</i> .....	34





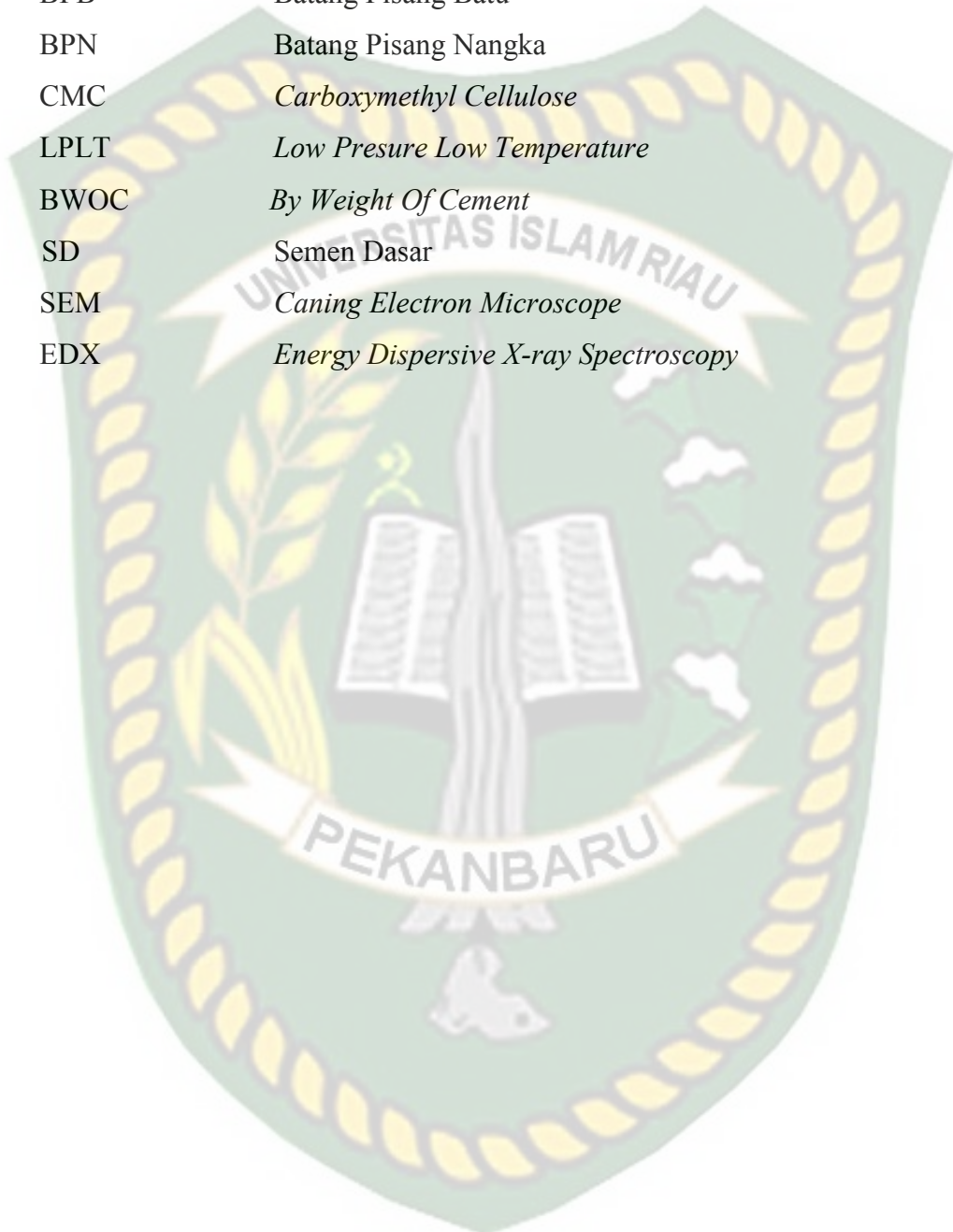
## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Pembuatan Suspensi Semen
LAMPIRAN II	Perhitungan <i>Filtration Loss</i>
LAMPIRAN III	Perhitungan <i>Compressive Strength</i>
LAMPIRAN IV	Perhitungan <i>Shear Bond Strength</i>

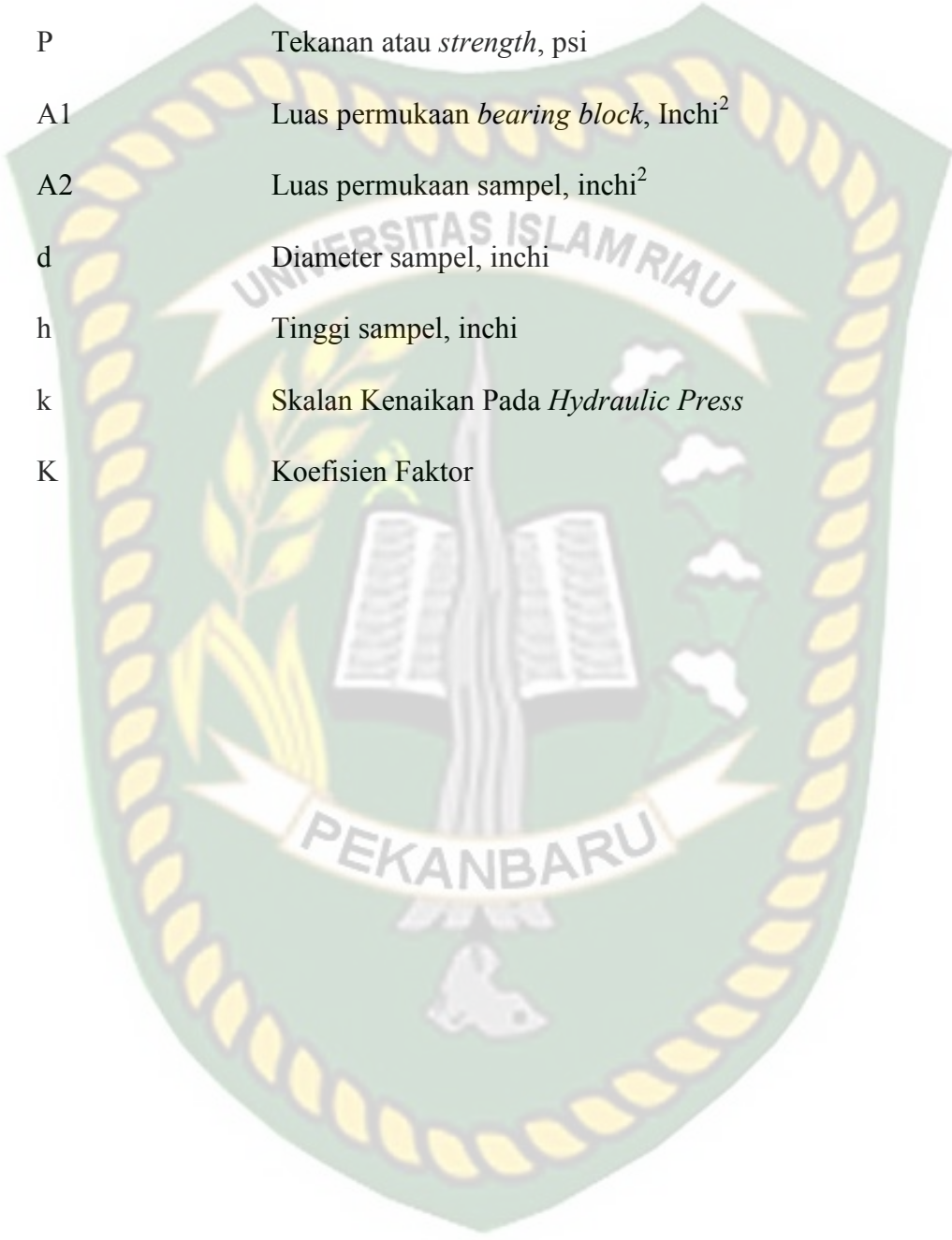


## DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
BPB	Batang Pisang Batu
BPN	Batang Pisang Nangka
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
LPLT	<i>Low Pressure Low Temperature</i>
BWOC	<i>By Weight Of Cement</i>
SD	Semen Dasar
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>



## DAFTAR SIMBOL



P	Tekanan atau <i>strength</i> , psi
A1	Luas permukaan <i>bearing block</i> , Inchi <sup>2</sup>
A2	Luas permukaan sampel, inchi <sup>2</sup>
d	Diameter sampel, inchi
h	Tinggi sampel, inchi
k	Skalan Kenaikan Pada <i>Hydraulic Press</i>
K	Koefisien Faktor

**PENGARUH *ADDITIVE* DARI CMC BATANG PISANG NANGKA DAN  
PISANG BATU TERHADAP *FILTRATION LOSS* DAN *COMPRESSIVE  
STRENGTH* PADA SEMEN PEMBORAN**

**MHD. HARIS  
133210038**

**Abstrak**

Batang pohon pisang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 63-64% namun daur hidupnya relatif pendek, hal ini membuat batang pohon pisang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *carboxymethyl cellulose* (CMC). Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan senyawa turunan selulosa yang bersifat *biodegradable*, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air. Dari dua jenis CMC dari batang pisang batu (*Musa balbisiana*) dan batang pisang nangka (*Musa × paradisiaca*) yang ada di Riau – Sumatra Tengah, maka perlu dilakukan studi laboratorium pengaruh CMC dari batang pisang terhadap *filtration loss* dan *compressive strength* pada semen pemboran.

Untuk mengetahui pengaruh dua sampel CMC batang pisang, dilakukan proses pembuatan CMC dan pengujian semen pemboran di Laboratorium Teknik Perminyakan – Universitas Islam Riau. Proses pembuatan CMC dari batang pisang dimulai dari pemotongan sampel, perebusan, pencucian, pemadatan, pemutihan sampel, proses alkalisasi, sintesis CMC, menetralisasi, pengeringan sampel dan penyaringan sampel sampai menjadi bubuk CMC. Setelah itu dilakukan pengujian *filtration loss* dan *compressive strength* pada semen pemboran dengan konsentrasi 0%, 0.2%, 0.6%, 1% dan 1.4% .

Dari pengujian *filtration loss* dengan *additive* CMC batang pisang nangka, hasil yang dikatakan layak yaitu pada konsentrasi 1% 248.66 ml/menit dan 1.4% 239.89 ml/menit. *Additive* CMC pisang batu pada konsentrasi 1% 240.99 ml/menit dan 1.4% 230.89 ml/menit. Pada pengujian *compressive strength* data yang di dapat dari *additive* CMC pisang nangka dengan konsentrasi 0.2% 636.4603, 0.6% 763.896, 1% 916.319, 1.4% 1178.125 psi. untuk *additive* CMC batang pisang batu di dapat hasil dengan konsentrasi 0.2% 691.502, 0.6% 842.615, 1% 907.072 dan 1.4% 1175.992 psi. Di lihat dari hasil yang telah di dapat bahwa setiap penambahan konsentrasi menunjukkan peningkatan terhadap kekuatan semen.

Kata kunci: Batang Pisang, CMC, Semen, *Filtration Loss*, *Compresssive Strength*



**THE ADDITIVE EFFECT OF CMC RIVER BANKS AND STONE BANKS  
ON FILTRATION LOSS AND COMPRESSIVE STRENGTH IN DRILLING  
SEMEN**

**MHD. HARIS**  
**133210038**

**Abstract**

Banana tree trunks have a high cellulose content of around 63-64% but the process is relatively short, this makes the banana tree trunks as the raw material for making carboxymethyl cellulose (CMC). Carboxymethyl cellulose (CMC) is a cellulose derivative compound that is biodegradable, colorless, non-toxic, non-toxic, or toxic which dissolves in the air. Of the two types of CMC from banana stone stems (*Musa balbisiana*) and jackfruit banana stems (*Musa × paradisiaca*) in Riau - Central Sumatra, CMC studies of banana streams are needed for filtration loss and compressive strength in drilling cement.

To determine the effect of CMC samples, CMC was made and drilling cement was tested at the Petroleum Engineering Laboratory - Islamic University of Riau. The process of making CMC from banana stems starts from sample cutting, boiling, washing, compaction, sample bleaching, alkalization process, CMC synthesis, neutralizing, storing samples and filtering samples to become CMC powder. After that, the filtration loss test and the compressive strength of the drilling cement with a concentration of 0%, 0.2%, 0.6%, 1% and 1.4% were carried out.

Filtration loss from tea with additive CMC of jackfruit banana stems, the right results were at a concentration of 1% 248.66 ml / minute and 1.4% 239.89 ml / minute. The CMC banana rock additive at a concentration of 1% 240.99 ml / minute and 1.4% 230.89 ml / minute. In testing the compressive strength data that can be accessed from CMC, jackfruit banana with a concentration of 0.6%, 636,4603, 0.6% 763,896, 1% 916,319, 1.4% 1178,125 psi. For CMC additives the banana stone stems were obtained with a concentration of 0.2% 691,502, 0.6% 842,615, 1% 907,072 and 1.4% 1175,992 psi. It can be seen from the results obtained that each information shows an increase in the strength of cement.

**Keywords:** *Banana Stems, CMC, Cement, Filtration Loss, Compressive Strength*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas konstruksi lubang sumur adalah sejauh mana kualitas semen yang digunakan. Maka untuk kepentingan tersebut perlu dilakukan studi laboratorium untuk mengetahui komposisi dan sifat fisik semen. Diharapkan dengan kualitas semen yang baik, konstruksi sumur dapat bertahan lebih dari 20 tahun. (Anur, 2016).

Menurut Woro & Indriana (2015), batang pohon pisang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 63–64% namun daur hidupnya relatif pendek. Hal ini membuat batang pohon pisang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *carboxymethyl cellulose* (CMC). Karboksimetil selulosa merupakan senyawa turunan selulosa yang berupa eter-polimer selulosa linier bersenyawa anion, bersifat *biodegradable*, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air.

Karboksimetil selulosa secara luas digunakan dalam bidang pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas tekstil, serta bangunan (Woro & Indriana, 2015). Fungsi CMC disini adalah sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi dan bahan pengikat (Wijayani, Satyawira & Sundja, 2005).

Untuk mengetahui kualitas semen yang baik maka perlu dilakukan inovasi dari semen pemboran tersebut dengan penambahan *additive* seperti CMC. Maka dari itu kita sebagai daerah yang memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar dan tersebar hampir di seluruh daerah terutama di pulau jawa, sumatra, dan kalimantan, namun pemanfaatannya yang belum optimal. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengujian *additive* CMC batang pisang nangka dan pisang batu terhadap *filtration loss* dan *compressive strength* pada semen pemboran.

## 1.2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Membandingkan dan mengetahui pengaruh *additive* CMC dari batang pisang nangka dan pisang batu terhadap *filtration loss* pada semen pemboran.
2. Membandingkan dan mengetahui pengaruh *additive* CMC dari batang pisang nangka dan pisang batu terhadap *compressive strength* semen pemboran.

## 1.3. BATASAN MASALAH

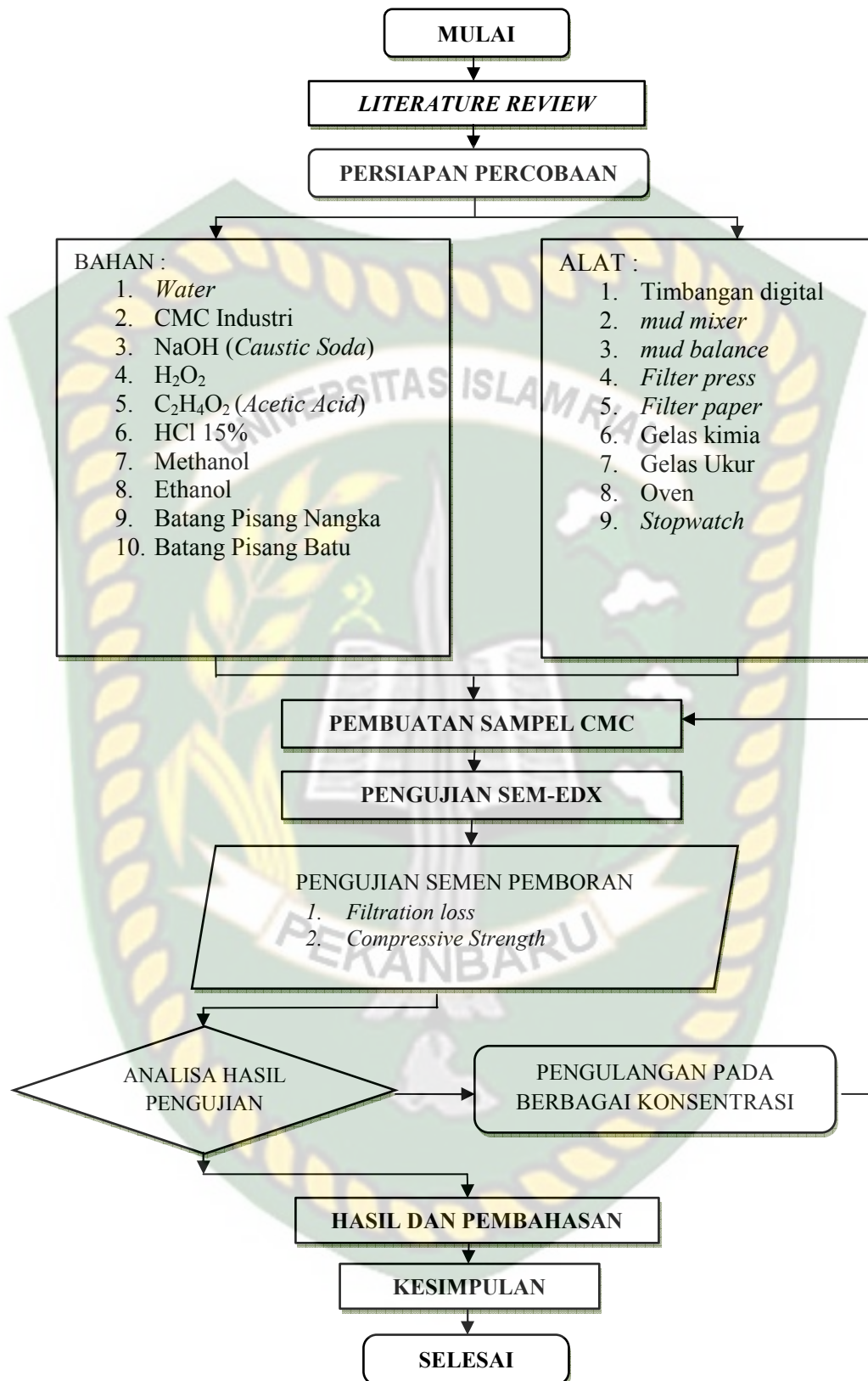
Agar penelitian tugas akhir ini terarah, maka dalam pembahasan difokuskan pada pengujian CMC batang pisang nangka dan pisang batu untuk mengetahui pengaruh batang pisang nangka dan batang pisang batu yang ada di Riau – Sumatra Tengah terhadap *filtration loss* dan *compressive strength* pada semen pemboran apabila sudah dianalisa dan cocok sebagai pengganti CMC umumnya.

## 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. *Sample* penelitian : Batang pohon pisang nangka dan pisang batu
4. Teknik pengumpulan data : Data primer, yaitu mendapatkan data secara langsung dari penelitian yang dilakukan, buku pegangan pelajaran Teknik Perminyakan, Jurnal, *Paper* dan diskusi dengan Dosen pembimbing.





**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Pohon Pisang**

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang dari suku *Musaceae*. Beberapa jenisnya (*Musa acuminata*, *M. balbisiana*, dan *M. paradisiaca*) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama (Ayu N, 2014). Pisang (*Musa* spp) adalah salah satu komoditas buah asli Indonesia. Tanaman tropis dan subtropis ini termasuk famili *Musaceae*. Tahun 2014 produksi pisang mencapai 6.862.567 ton dan tahun 2015 mencapai 7.299.275 ton (BPS, 2015).

##### **2.1.1 Spesies Pohon Pisang**

Terkait dengan penelitian yang hanya membahas tentang CMC dari batang Pohon Pisang dengan spesies pisang Batu dan Pisang Nangka. Maka penjelasan spesies-spesies pohon Pisang sebagai berikut:

1. Pohon Pisang Batu

Pisang batu atau pisang klutuk (*Musa balbisiana*) adalah jenis pisang yang berukuran lebih besar dibandingkan jenis pisang lainnya. Menurut Rukmana (1999), Karakteristik morfologi pisang batu memiliki tinggi pohon 3 m dengan lingkaran batang 60 - 70 cm berwarna hijau dengan atau tanpa bercak coklat kehitaman. Tanaman pisang batu berbatang semu (nampak di atas tanah) tinggi dapat mencapai  $\pm 3$  m. Di atas batang semu tersebut terdapat banyak daun dengan pelepah daun 1-2 meter. Buah berwarna kuning setelah masak, rasanya manis, tetapi banyak sekali bijinya (Indriani, 2012).

2. Pohon Pisang Nangka

Pisang nangka memiliki warna kulit buah pisang nangka pada waktu matang adalah hijau. Rasanya asam manis. Berat setiap tandannya 11

sampai 14 Kg terdiri dari 6 sampai 8 sisir dan setiap sisirnya terdiri dari 14 sampai 24 buah. Ukuran buah 24 sampai 28 cm dengan diameter 3,5 sampai 4 cm (Haryono, 2015).

*Musa × paradisiaca* adalah nama yang diterima untuk hibrida antara *Musa acuminata* dan *Musa balbisiana*. Sebagian besar pisang dan pisang yang dibudidayakan adalah kultivar triploid baik dari hibrida atau *Musa acuminata* saja. Menurut Rukmana (1999, p. 20), Karakteristik morfologi pisang Nangka memiliki tinggi pohon 3 m dengan lingkaran batang 63 - 69 cm, berwarna coklat muda dengan bagian atas berwarna merah jambu.

### 2.1.2 Batang Pohon Pisang

Batang pohon pisang merupakan limbah pertanian potensial yang belum banyak dimanfaatkan. Batang pohon pisang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 63 - 64% namun daur hidupnya relatif pendek. Hal ini membuat batang pohon pisang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan (CMC) *carboxymethyl cellulose* (Woro H, 2000). Batang pisang mengandung lebih dari 80% air dan memiliki kandungan selulosa dan glukosa yang tinggi sehingga sering dimanfaatkan masyarakat sebagai media tanam untuk tanaman lain (Ayu N, 2014).

Allah telah menjadikan sumber daya alam dan lingkungan sebagai daya dukung lingkungan bagi kehidupan manusia. Yang demikian hanya ditangkap oleh orang-orang yang memiliki daya nalar memadai. Hal ini bisa dilihat Surat Al Jaatsiyah ayat 13 sebagai berikut;

وَنَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُۥ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ۙ ۱۳.

Artinya : Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.

### 2.1.3 Selulosa

Selulosa adalah bagian utama dari dinding sel kayu. Selulosa adalah suatu polimer karbohidrat yang kompleks yang memiliki presentasi komposisi yang sama dengan tepung (kanji) dimana nilai glukosa dapat ditentukan dengan hidrolisis menggunakan asam. Unit molekul penyusunan selulosa adalah glukosa yang merupakan gula. Banyak molekul glukosa yang bergabung bersama-sama membentuk rantai selulosa (BR Ginting, 2016). Selulosa adalah komponen utama pada dinding sel tumbuhan. Kandungannya bisa mencapai 60% sampai dengan 90%. Menurut *Building Material and Technology Promotion Council*, komposisi unsur kimia serat alam pada pisang memiliki selulosa 60% - 65%, hemiselulosa 6% - 8%, lignin 5% - 10% dan kadar air 10% - 15% (Supiansyah, 2015).

Lignin dalam kayu berfungsi sebagai perekat. Lignin adalah partikel amorf yang bersama selulosa membentuk dinding sel kayu dari pohon. Lignin memperlambat material diantara sel menambah kekuatan mekanis kayu. Lignin menaikkan sifat – sifat kekuatan mekanik sedemikian rupa sehingga tumbuhan yang besar seperti pohon yang tingginya lebih dari 100 m tetap dapat kokoh berdiri (BR Ginting, 2016).

## 2.2 Carboxymethyl Cellulose (CMC)

*Carboxymethyl Cellulose* (CMC) merupakan zat aditif penting yang banyak digunakan di berbagai industri seperti industri makanan, farmasi, deterjen, tekstil, kosmetik, dan pengeboran migas (minyak dan gas). Hal ini dikarenakan CMC memiliki fungsi sebagai pengental, penstabil emulsi dan bahan pengikat (Wijaya, Pitaloka, & Saputra, 2014). Karboksimetil selulosa merupakan senyawa turunan selulosa yang berupa eter polimer selulosa linier bersenyawa anion, bersifat *biodegradable*, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air. Karboksimetil selulosa secara luas digunakan dalam bidang pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas, tekstil, serta bangunan. (Woro H, 2000).

*Carboxymethyl cellulose* (CMC) adalah salah satu senyawa turunan selulosa dan sering digunakan dalam industri pangan. CMC merupakan zat



dengan warna putih atau sedikit kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa, berbentuk granula yang halus atau bubuk yang bersifat higroskopis dan mudah larut dalam air. Ada empat sifat fungsional yang penting dari CMC yaitu untuk pengental, stabilisator, pembentuk gel dan beberapa hal sebagai pengemulsi. Menurut Mat Som (2004), Karboksimetil selulosa berasal dari selulosa kayu dan kapas yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat, dengan katalis berupa senyawa alkali (Woro H & Indriana, 2015).

Menurut Rubiandini (2010), CMC paling terkenal adalah merupakan produk dari tumbuhan gum yang digunakan sebagai *fluid loss control* dan sebagai *viscosifier*. CMC merupakan *organic kolloid* yang digunakan untuk mengontrol laju filtrasi. Struktur dari CMC mempunyai rantai molekul yang panjang yang dipolimerkan ke dalam berbagai panjang yang berbeda. Terdiri dari tiga bagian, merupakan variasi dari viskositas, suspensi dan pengontrol *fluid loss* (Rubiandini, 2010).

Tidak ada *compressive* yang bekerja pada bahan semen polimer modifikasi yang berhubungan dengan berbagai sifat semen. Namun sebuah studi rinci mengenai CMC ini telah dibuktikan bahwa CMC sebagai bahan additive semen yang perlu dilakukan sehingga dapat mengoptimalkan kondisi untuk memperoleh bahan yang ditingkatkan dengan semen Portlan biasa (Mishra, 2002).

Meskipun polimer CMC telah digunakan dalam makanan, ceutical Pharma, kosmetik, kertas, dan industri lainnya selama bertahun-tahun, penerapannya dalam semen dengan komposisi yang sedikit berbeda adalah baru-baru ini. Namun, turunan selulosa lainnya telah digunakan dalam minyak baik semen selama bertahun-tahun. Sebagai contoh, turunan selulosa, khususnya hidroksietil selulosa (HEC) dan carboxymethyl - hidroksietil selulosa (CMHEC) telah digunakan sebagai aditif cairan-loss sejak awal 1960-an. Juga, CMC sempat diperkenalkan sebagai aditif semen potensi semen sumur minyak sebelumnya. Baru-baru ini juga pengguna polimer sebagai *additive* multifungsi, telah menjadi konvensional. Misalnya CMC dalam semen telah digunakan untuk aplikasi teknik sipil (H. Roshan, 2010)



## 2.3 Semen Pemboran

Penyemenan suatu sumur merupakan salah satu faktor penentu yang juga mendukung keberhasilan suatu operasi pemboran. Pelaksanaan penyemenan yang salah akan dapat menyebabkan terbentuknya *channel* semen, adanya produksi air atau gas yang tidak diinginkan dan korosi pada pipa. Untuk mencegah timbulnya problema tersebut maka diperlukan pengetahuan yang luas tentang prinsip-prinsip dasar dan perhitungan-perhitungan dalam melaksanakan penyemenan.

Semen yang digunakan dalam industri perminyakan adalah dalam bentuk material bubuk semen tanpa *additive* adalah semen *portland*. *Portland Cement* merupakan semen yang biasa dipakai pada operasi penyemenan sumur dalam industri perminyakan.

*Portland cement* ini akan mengeras bila bertemu dengan air. Semen ini dibuat dari bahan dasar *calcareous* seperti : *limestone*, *marl*, karang-karang dan *argillaceous* seperti *clay*, *shale*, *slate* yang diproses pada *rotary klin* (tempat pembakaran berputar) dengan temperatur 200-1300 °C.

### 2.3.1 Fungsi Semen

Pada umumnya operasi penyemenan bertujuan untuk melekatkan *casing* pada dinding lubang sumur, melindungi *casing* dari masalah-masalah mekanis sewaktu operasi pemboran (seperti getaran), melindungi *casing* dari fluida formasi yang bersifat korosi dan untuk memisahkan zona yang satu terhadap zona yang lain di belakang *casing*.

Menurut alasan dan tujuannya, penyemenan dapat dibagi dua, yaitu *Primary Cementing* (Penyemenan Utama) dan *Secondary* atau *Remedial Cementing* (Penyemenan Kedua atau Penyemenan perbaikan). *Primary Cementing* adalah penyemenan pertama kali yang dilakukan setelah *casing* diturunkan ke dalam sumur. Sedangkan *secondary cementing* adalah penyemenan ulang untuk menyempurnakan *primary cementing* atau memperbaiki penyemenan yang rusak (Rubiandini, 2010).

### 2.3.2 Klasifikasi Semen

API telah melakukan pengklasifikasian semen ke dalam beberapa kelas guna mempermudah pemilihan dan penggolongan semen yang akan digunakan. Pengklasifikasian ini didasari atas kondisi sumur dan sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur tersebut. Kondisi sumur tersebut meliputi kedalaman sumur, temperatur, tekanan dan kandungan yang terdapat pada fluida formasi ( seperti sulfat dan sebagainya) (Rubiandini, 2010).

Klasifikasi semen yang dibuat API terdiri dari :

- a. Kelas A : Semen kelas A ini digunakan dari kedalaman 0 (permukaan) sampai 6.000 ft. Semen ini terdapat dalam tipe biasa (*ordinary type*) saja, dan mirip dengan semen ASTM C-150 tipe I.
- b. Kelas B : Semen kelas B digunakan dari kedalaman 0 sampai 6.000 ft, dan tersedia dalam jenis yang tahan terhadap kandungan sulfat menengah dan tinggi (*moderate* dan *high sulfate resistant*).
- c. Kelas C : Semen kelas C digunakan dari kedalaman 0 sampai 6.000 ft, dan mempunyai sifat *high-early strength* (proses pengerasannya cepat). Semen ini tersedia dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.
- d. Kelas D : Semen kelas D digunakan untuk kedalaman dari 6.000 ft sampai 12.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Semen ini tersedia juga dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.
- e. Kelas E : Semen kelas E digunakan untuk kedalaman dari 6.000 ft sampai 14.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Semen ini tersedia juga dalam jenis *moderate* dan *high sulfate resistant*.
- f. Kelas F : Semen kelas F digunakan dari kedalaman 10.000 ft sampai 16.000 ft, dan untuk kondisi sumur yang mempunyai tekanan dan temperatur sangat tinggi. Semen ini tersedia dalam jenis *high sulfate resistant*.
- g. Kelas G : Semen kelas G digunakan dari kedalaman 0 sampai 8.000 ft, dan merupakan semen dasar. Bila ditambahkan *retarder* semen ini dapat

dipakai untuk sumur yang dalam dan *range* temperatur yang cukup besar. Semen ini tersedia dalam jenis *moderate* dan *high sulfat resistant*.

- h. Kelas H : Semen kelas H digunakan dari kedalaman 0 sampai kedalaman 8.000 ft, dan merupakan pula semen dasar. Dengan penambahan *accelerator* dan *retarder*, semen ini dapat digunakan pada *range* kedalaman dan temperatur yang besar. Semen ini hanya tersedia dalam jenis *moderate sulfate resistant*.

### 2.3.3 Additive - additive Semen

Beragam-macam semen telah dibuat orang untuk memenuhi kebutuhan bermacam-macam kondisi sumur, seperti kedalaman, temperatur, tekanan dan ini dapat diubah-ubah densitas dan *thickening time*-nya dalam batas-batas tertentu dengan mengubah kadar air. Aditif atau zat-zat tambahan adalah material-material yang ditambahkan pada semen untuk memberikan variasi yang lebih luas pada sifat-sifat bubuk semen agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Aditif ini penting sekali dalam perencanaan bubuk semen karena digunakan untuk :

- a. Mempercepat atau memperlambat *thickening time*.
- b. Memperbesar *strength*.
- c. Menaikkan atau menurunkan *density* bubuk semen.
- d. Menaikkan volume bubuk semen.
- e. Mencegah *lost circulation*.
- f. Mengurangi *fluid loss*.
- g. Menaikkan sifat tahan lama (*durability*).
- h. Mencegah kontaminasi gas pada semen.
- i. Menekan biaya.

Hingga saat ini lebih dari 100 aditif telah dikenal. Namun umumnya aditif-aditif itu dapat dikelompokkan dalam 8 kategori (Rubiandini, 2010), yaitu :

a) *Accelerator*

*Accelerator* adalah aditif yang dapat mempercepat proses pengerasan suspensi semen

b) *Retarder*



*Retarder* adalah aditif yang dapat memperlambat proses pengerasan suspensi semen.

c) *Extender*

*Extender* adalah aditif yang berfungsi untuk menaikkan volume suspensi semen

d) *Weighting Agent*

*Weighting agents* adalah aditif-aditif yang berfungsi menaikkan densitas suspensi semen.

e) *Dispersant*

*Dispersant* adalah aditif yang dapat mengurangi viskositas suspensi semen

f) *Fluid-loss Control Agent*

*Fluid-loss control agent* adalah aditif-aditif yang berfungsi mencegah hilangnya fasa liquid semen ke dalam formasi

g) *Lost Circulation Agent*

*Lost circulation control agents* merupakan aditif-aditif yang mengontrol hilangnya suspensi semen ke dalam formasi yang lemah atau bergoa.

h) *Specially Additives*

Ada bermacam-macam aditif lainnya yang dikelompokkan sebagai special additives, diantaranya *silika*, *mud kill*, *radioactive tracers*, *fibers*, *antifoam agents* dan lainnya.

#### 2.4 **Filtration loss**

*Filtration loss* adalah peristiwa hilangnya cairan dari suspensi semen ke dalam 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*. Bila suspensi semen mengalami *flash set* maka akan mengakibatkan friksi di annulus dan juga dapat mengakibatkan pecahnya formasi. Untuk itu maka cara yang dapat ditempuh untuk mengatasinya adalah mengontrol besarnya densitas semen. Pengontrolan densitas semen dapat dilakukan dengan menambahkan additif. 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.

Pada pengujian *filtration loss* di laboratorium biasanya menggunakan alat disebut *filter press*, pada temperature sirkulasi dengan tekanan 1000 psi. Besarnya atau terjadinya *filtration loss* diketahui dari volume filtrat yang ditampung dalam sebuah tabung atau gelas ukur selama 30 menit masa pengujian. Apabila waktu pengujian tidak sampai 30 menit, maka besarnya *filtration loss* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$F_{30}$  = filtrat pada 30 menit, ml

$F_t$  = filtrat pada t menit, ml

t = waktu pengukuran

Pada *primary cementing*, *filtration loss* yang diijinkan sekitar 150-250 ml yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh dan pada tekanan 1.000 psi. (Rubiandini, 2010).

## 2.5 *Compressive strength*

Dalam operasi penyemenan, yang perlu diperhatikan salah satunya adalah *strength*. *Strength* semen dapat dibagi menjadi dua, yaitu *compressive strength* dan *shear bond strength*. Adapun *compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan-tekanan yang berasal dari formasi maupun *casing*. Jadi, *compressive strength* merupakan kekuatan untuk menahan tekanan-tekanan dalam arah horizontal.

Seperti halnya pada sifat-sifat suspensi semen yang lain, *compressive strength* dipengaruhi juga oleh adanya zat additif. Adapun zat additif dapat berfungsi untuk menaikkan *compressive strength* ataupun untuk menurunkan *compressive strength*. Additif untuk menaikkan *compressive strength* diantaranya

adalah *calcium cholida*, *pozzolan* dan *barite*. Sedangkan additif untuk menurunkan *compressive strength* antaranya *bentonite* dan *sodium silikat*. Dalam mengukur *compressive strength* digunakan alat *hydroulic press* dan *curing chamber* (Rubiandini, 2010). Uji pembebanan ini di lakukan sampai sample pecah. Tekanan pada saat sample pecah di catat sebagai data pembebanan maksimum untuk menentukan *compressive strength* dan *shear bond strength* (Novrianti, 2013).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian ini adalah *Experiment Research* atau penelitian **eksperimental laboratorium**. Menurut Syaiful dan Aswan, metode eksperimen adalah cara penyajian pelajaran, dimana seseorang melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajari, yang bertujuan untuk mengetahui apakah sesuatu metode, prosedur, sistem, proses, alat, dan bahan, serta model efektif dan efisien jika diterapkan di suatu tempat (Syaiful dan Aswan, 2006).

#### **3.2 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di **Laboratorium Teknik Pemboran Fakultas Teknik Universitas Islam Riau** untuk membuat batang pisang menjadi CMC dan akan dilanjutkan dengan pengujian analisa semen pemboran.

#### **3.3 Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan **September – Januari 2018**

#### **3.4 Jenis Data**

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer berupa : hasil data pengujian *filtration loss* pada *additive* CMC Industri dan CMC dari sampel batang pisang nangka dan pisang batu. Serta ditambah dengan referensi dari buku pegangan pelajaran Teknik Perminyakan, *paper* dan diskusi dengan Dosen pembimbing.

#### **3.5 Sampel Penelitian**

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah **CMC dari batang**

**pisang batu (*Musa balbisiana*) dan batang pisang nangka (*Musa × paradisiaca*) yang didapat di Provinsi Sumatra Tengah (Riau).**

### 3.6 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.6.1 Bahan

1. Batang pisang batu dan pisang nangka
2. Air
3. CMC BPN dan BPB
4. Methanol
5. Ethanol
6. HCl 15%
7. NaOH (*Caustic Soda*)
8. CH<sub>3</sub>COOH (*Acetic Acid*)
9. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (*Hydrogen Peroxyde*)

#### 3.6.2 Peralatan Penelitian

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Timbangan digital        | 9. <i>Stopwatch</i>       |
| 2. <i>Mud mixer</i>         | 10. Cawan                 |
| 3. <i>Mud balance</i>       | 11. Toples                |
| 4. LPLT <i>Filter press</i> | 12. Alumunium Foil        |
| 5. <i>Filter paper</i>      | 13. Blender               |
| 6. Gelas kimia              | 14. Cetakan Kubik         |
| 7. Gelas Ukur               | 15. <i>Water Bath</i>     |
| 8. Oven                     | 16. <i>Hydraulic pres</i> |



Berikut adalah gambar beserta fungsi alat yang digunakan pada penelitian ini.

1. Timbangan Digital

Timbangan Digital adalah alat untuk mengukur atau menimbang banyaknya bahan dasar *additive* yang akan digunakan. Gambar Timbangan Digital dapat dilihat pada gambar 3.1



**Gambar 3.1.** Timbangan Digital (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

2. Gelas ukur

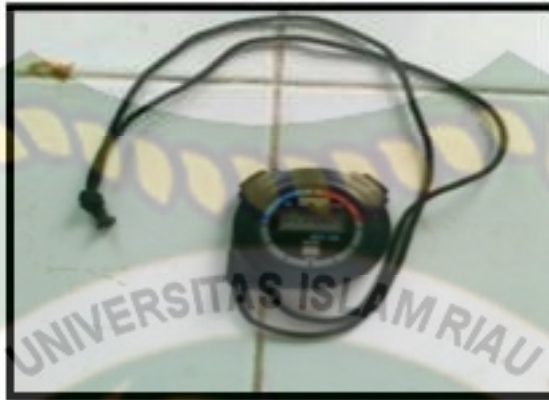
Gelas Ukur adalah alat untuk mengukur volume air yang akan digunakan untuk mengukur volume *filtrate* dan volume air untuk bahan utama pembuatan suspensi semen. Gambar Gelas Ukur dapat dilihat pada gambar 3.2



**Gambar 3.2** gelas ukur (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

3. *Stopwatch*

*Stopwatch* adalah alat Untuk mengukur waktu pengujian pada *filtration loss*. Gambar *Stopwatch* dapat dilihat pada gambar 3.3



**Gambar 3.3** *stopwatch* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

4. *Mud mixer*

*Mud mixer* adalah alat untuk mengaduk material suspensi semen serta semua *additive* agar tercampur merata. Gambar *Constant speed mixer* dapat dilihat pada gambar 3.4



**Gambar 3.4** *Mud Mixer* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

5. *Mud balance*

*Mud Balance* adalah alat yang di gunakan untuk mengukur densitas semen, yaitu semacam alat penimbang berskala. Gambar *mud balance* dapat dilihat pada gambar 3.5



**Gambar 3.5** *Mud balance* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

6. *Filter press*

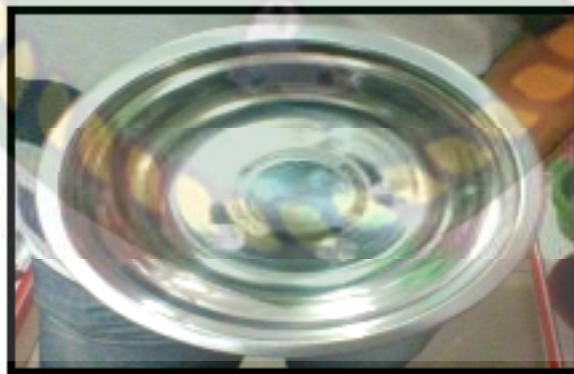
LPLT Filter press adalah alat untuk mengetahui seberapa banyak filtrat yang keluar dari semen. Pengukuran dilakukan pada 2 menit pertama, dalam temperatur ruang dengan tekanan 100 psi.



**Gambar 3.6** LPLT Filter press (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

7. Cawan

Cawan digunakan untuk wadah mengumpulkan sampel. Gambar Cawan dapat dilihat pada gambar 3.7



**Gambar 3.7** cawan (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)



#### 8. Oven

Oven yang digunakan untuk memanaskan sampel atau mengeringkan sampel pada saat pengujian. Gambar *Oven* dapat dilihat pada gambar 3.8



**Gambar 3.8** Oven (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

#### 9. Blender

Blender digunakan untuk menghaluskan sampel. Gambar *Blender* dapat dilihat pada gambar 3.9



**Gambar 3.9** Blender (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

#### 10. Cetakan Kubik dan Silinder

Cetakan kubik adalah tempat dituangnya sampel suspensi semen dari mixer untuk kemudian digunakan dalam *pengujian compressive strength*, cetakan silinder digunakan pada pengujian *shearbond strength*. Gambar cetakan kubik dan silinder dapat dilihat pada gambar 3.10 dan 3.11.





**Gambar 3.10** Cetakan Kubik (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)



**Gambar 3.11** Cetakan Silinder (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

11. *Water Bath Temperature Controller*

Fungsi : Mengontrol temperatur semen agar tetap konstan pada pembuatan sampel pengujian *Compressive strength*. Gambar *Water Bath Temperature Controller* dapat dilihat pada gambar 3.12



**Gambar 3.12** *Water Bath Temperature Controller* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

## 12. Hydraulic press

Fungsi : Mengukur kekuatan tekanan retak semen pemboran. Gambar *Hydraulic press* dapat dilihat pada gambar 3.13

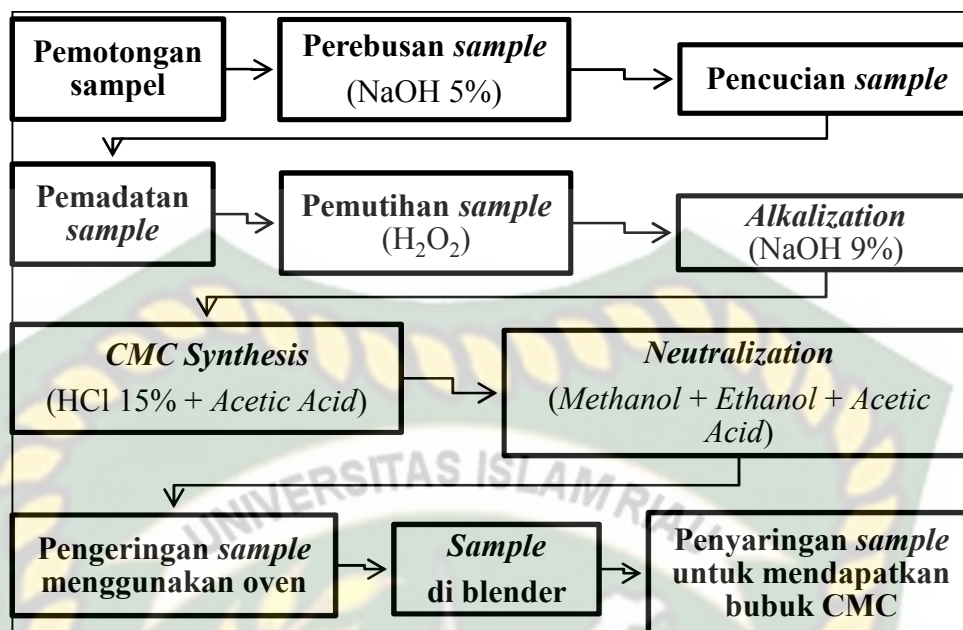


**Gambar 3.13** *Hydraulic press* (Laboratorium Teknik Perminyakan UIR)

### 3.7 **Prosedur Penelitian**

#### 3.7.1 **Pembuatan CMC dari batang pisang**

Prosedur pembuatan CMC dari batang pisang batu dan pisang nangka bersumber dari penelitian Lakhan Singh (2013) dan Koh May Hong (2013), serta diskusi dengan dosen pembimbing yaitu pak Idham Khalid, adapun alur prosedur pembuatan CMC sebagai berikut :



**Gambar 3.14** Diagram Alir Proses Pembuatan CMC Batang Pisang

1. Menyiapkan sampel batang pisang batu dan nangka yang akan dibuat menjadi CMC.



**Gambar 3.15** *Sample* Batang Pisang Batu (Sumber : Data Primer, 2017)

2. *sample* batang pisang di potong-potong kecil (*Chopping*) dan masukkan ke dalam wadah atau toples dan tandai nama jenis pisang tersebut.
3. Menyiapkan larutan NaOH 5% (komposisi : 95% air + 5% NaOH), lalu dicampur dengan *sample* batang pisang yang sudah di potong-potong kecil dalam sebuah cawan, dan diaduk dengan rata sampai seluruh *sample* terendam. Setelah itu lakukan tahap memanass *sample*



(*Digestion*). Cawan tadi ditutup dengan *aluminium foil* dan masukkan kedalam oven, serta dipanaskan dengan suhu  $120^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.

4. Setelah dipanaskan seharian, ambil cawan yang berisi *sample* di dalam oven dan sampel dicuci dengan air (*Washing*).



**Gambar 3.16** *Sample* Setelah Proses Perebusan (*Digestion*)

(Sumber : Data Primer, 2017)

5. Selanjutnya *sample* di padatkan (*Beating*) dengan menekan *sample* yang sudah dicuci tadi untuk menghilangkan air dan NaOH yang direbus sebelumnya.
6. Persiapkan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  di cawan sebanyak yang diperlukan atau menyesuaikan banyak *sample* seperti 60:40 (cairan  $\text{H}_2\text{O}_2$  : *sample*) untuk dilakukan pemutihan *sample* (*Bleaching*). Lalu *sample* direndam dan tunggu sampai memutih.



**Gambar 3.17** *Sample* Setelah Proses Pemutihan (*Bleaching*)

(Sumber : Data Primer, 2017)



7. Sampel yang memutih disaring dan dilakukan proses menetralkan keasaman dan mengembangkan kandungan selulosa pada sampel (*Alkalization*) dengan mencampurkan sampel dengan NaOH 9%. Direndam selama 2 jam, lalu sampel disaring kembali.
8. Setelah itu dilakukan proses karboksimetil selulosa atau pengembang optimum pada selulosa (*CMC Synthesis*) yaitu dengan merendam sampel pada cairan monokloroasetat (HCl 15% + *Acetic Acid*) selama 2 jam.
9. Sampel disaring lalu melakukan proses untuk penyempurnaan CMC (*Neutralization*) dengan merendamkan sampel pada larutan *Methanol* + *Ethanol* + *Acetic Acid*. Direndam selama 2 jam, lalu disaring dengan ditambah air untuk menghilangkan bau dari bahan kimia tersebut.
10. Keringkan sampel didalam oven sampai bentuk sampel mengering.
11. Sample diblender sampai membentuk bubuk, dan setelah itu disaring
12. sampel sampai menjadi bubuk dan masih berbentuk serat. Sampel yang menjadi bubuk dikumpulkan dalam wadah atau toples untuk dilakukan pengujian pengaruh CMC batang pisang terhadap lumpur pemboran.



**Gambar 3.18** Proses Penyaringan *Sample*

(Sumber : Data Primer, 2017)



**Gambar 3.19** *Sample* CMC Batang Pisang Batu  
(Sumber : Data Primer, 2017)

### 3.7.2 Prosedur Pengujian *Filtration Loss*

Pengujian *filtration loss* dilaboratorium dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Membuat suspensi semen dari 528.29 gr semen portland, 425.114 ml air dan 1 gr CMC dengan menggunakan mixer.
- b. Mempersiapkan peralatan *filter press* dan segera memasang filter paper secepat mungkin dan meletakkan gelas ukur dibawah silinder untuk menampung fluida filtrat.
- c. Menuangkan suspensi semen kedalam silinder dan segera menutup rapat. Kemudian mengalirkan udara atau gas N<sub>2</sub> dengan tekanan 1000 psi.
- d. 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.
- e. 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.
- f. Menghentikan penekanan udara atau gas N<sub>2</sub>, membuang tekanan udara dalam silinder dan menuangkan sisa suspensi semen yang di dalam silinder kedalam *breaker*.

### 3.7.3 Pengujian *Compressive Strength*

#### a. Pembuatan suspensi semen dan cetakan sampel

1. Menimbang bubuk semen sebanyak 528.29 gram dengan timbangan digital.
2. Mengukur air dengan WCR (Water Cement Ratio) yang diinginkan. Harga WCR tidak boleh melebihi kadar air maksimum maupun kurang dari kadar air minimum.
3. Menimbang *additive*.
4. Mencampur bubuk semen dengan *additive* pada kondisi kering.
5. Memasukkan air sebanyak 425.114 ml kedalam blender, kemudian menjalankan mixer pada kecepatan 4000 rpm dan memasukkan campuran semen dan *additive* kedalamnya tidak lebih dari 15 detik, lanjutkan pengadukan pada kecepatan tinggi 1200 rpm selama 35 detik.
6. Mengoleskan *grease* kedalam cetakan kubik sedangkan untuk cetakan silinder *casing* tidak diolesi *grease*.
7. Menuangkan sampel suspensi semen dari mixer kedalam cetakan yang telah tersedia untuk kemudian digunakan dalam *pengujian compressive strength* dan *shearbond strength*.
8. Membungkus cetakan sampel dengan plastic transparan, memberi label lalu merendamnya dalam ember.

#### b. Pengujian sampel

1. Membuka 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. Memeriksa permukaan sampel apakah benar-benar rata, apabila belum rata maka ratakan dengan menggunakan gerinda.



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 vertical.
5. Memperkirakan tekanan maksimum retak (pecah), apabila lebih dari 3000 psi (skala manometer) memberi pembebanan awal tidak diperlukan.
6. Memperkirakan laju pembebanan sampai maksimum tidak kurang dari 20 detik dan tidak lebih dari 80 detik.
7. Menghidupkan motor penggerak pompa dan jangan melakukan pengaturan (pembetulan) pada katrol *testing* selama pembebanan maksimum ketika batuan pecah.
8. Mencatat hasil pembebanan maksimum tersebut.
9. Melakukan perhitungan *compressive strength* semen, dengan menggunakan rumus :

$$CS = K \times P \times A_1 / A_2 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

CS = Compressive strength semen, psi

K = Konstanta koreksi, fungsi dari perbandingan tinggi (h)  
Terhadap diameter (d)

P = Pembebanan maksimum, psi

A<sub>1</sub> = Luas penampang blok bearing dari hydraulic mortar, inch<sup>2</sup>

A<sub>2</sub> = Luas permukaan sampel semen, inch<sup>2</sup>

Tabel 3.1 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



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan berdasarkan percobaan di laboratorium untuk mengetahui pengaruh dari penambahan aditif CMC dari batang pisang. Aditif CMC batang pisang yang diteliti ini terdiri dari dua jenis yaitu batang pisang nangka (*Musa paradisiaca*) dan pisang batu (*Musa balbisiana*). Alasan pemilihan batang pisang sebagai CMC, karena batang pisang merupakan salah satu tumbuhan yang banyak mengandung selulosa dan alangkah baiknya dilakukan penelitian sebagai CMC dan mampu berpengaruh terhadap *filtration loss* dan *compressive strength*, dapat menjadi inovasi semen pemboran yang terbaru, menjadi alternatif pilihan yang ekonomis dan mudah di dapatkan.

#### **4.1 Hasil Analisis Pengujian SEM EDX**

*Scanning electron microscope* (SEM) adalah alat menyerupai mikroskop *electron* untuk melihat dan menyelidiki permukaan objek secara langsung. Dengan SEM kita dapat melihat objek dengan perbesaran mulai dari 10x hingga 3000000x. Pemeriksaan SEM dapat menghasilkan informasi topografi (permukaan fitur objek), morfologi (bentuk dan ukuran partikel objek), komposisi (unsur dan senyawa pada objek), dan informasi kristalografi (bagaimana atom diatur di dalam objek) (Ratih N, 2016). Fikri Hasfita (2012) menambahkan bahwasanya morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel.

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop electron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung (Farikhin, 2016). Karakterisasi menggunakan alat SEM bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material CMC batang pisang nangka dan pisang batu.

*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik yang bertujuan untuk mengidentifikasi persentase



kandungan senyawa dalam *sample*. Hasil dari EDAX diperoleh dari pancaran sinar-X yang akan dideteksi oleh *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) dan akan menghasilkan grafik yang mewakili kandungan unsur (Ratih N, 2016).

Pengujian SEM EDX *sample* CMC batang pisang nangka dan batu diuji dengan menggunakan alat EDAX merk AMETEK di Laboratorium Sentral FMIPA UM - Universitas Negeri Malang pada tanggal 9 Maret 2018. Hasil pengujian SEM EDX pada dua *sample* CMC batang pisang yaitu sebagai berikut:

#### 4.2.1 CMC Batang Pisang Nangka

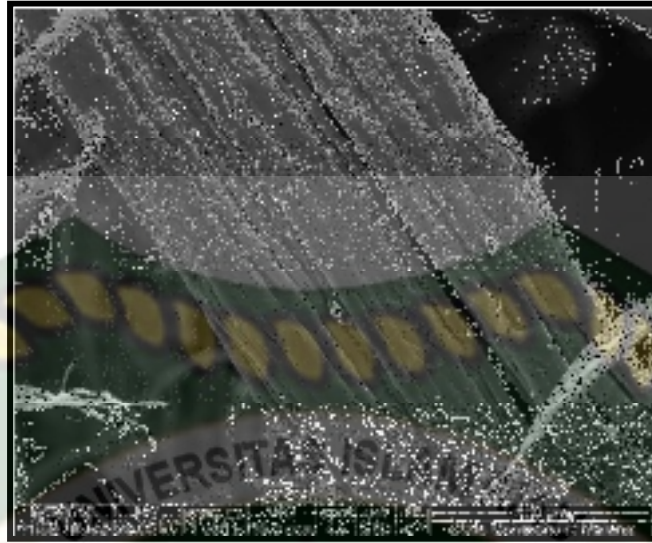
Di bawah ini adalah tabel komposisi unsur kimia yang terdapat pada CMC batang pisang nangka setelah pengujian SEM EDX di Universitas Negeri Malang.

**Tabel 4.1** Komposisi Unsur Kimia CMC Batang Pisang Nangka

<i>Element</i>	<i>Weight Percentage %</i>	<i>Atomic Percentage %</i>
C	53.95	60.94
O	46.05	39.06

(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)

Pada tabel 4.1 menjelaskan CMC batang pisang nangka memiliki dua elemen unsur kimia yaitu C (Karbon) dan O (Oksigen). Hasil *Wt%* (*Weight Percentage*) pada CMC batang pisang nangka yaitu 53.95% C dan 46.05% O dan hasil *At%* (*Atomic Percentage*) yaitu 60.94% C dan 39.06% O. Dengan tingginya nilai persentase *Wt%* dan *At%* pada elemen atom C, dapat disimpulkan *sample* CMC batang pisang nangka memiliki senyawa kimia ( $C_6H_{10}O_5$ ) selulosa (Yunita P. S, Gani W. A 2008).



**Gambar 4.1** Hasil SEM EDX pada CMC BPN dengan 1000 $\mu\text{m}$  perbesaran  
(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)



**Gambar 4.2** Hasil SEM EDX pada CMC BPN dengan 5000 $\mu\text{m}$  perbesaran  
(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)

Pada gambar 4.2 dan 4.3 merupakan gambar permukaan CMC Batang Pisang Nangka dengan 1000 $\mu\text{m}$  dan 5000 $\mu\text{m}$  perbesaran. Pada gambar terlihat seperti batang-batang yang memiliki permukaan sedikit kasar dan menyerupai serat.

#### 4.2.2 CMC Batang Pisang Batu

Di bawah ini adalah tabel komposisi unsur kimia yang terdapat pada CMC batang pisang batu setelah pengujian SEM EDX di Universitas Negeri Malang.

**Tabel 4.2** Komposisi Unsur Kimia CMC Batang Pisang Batu

<i>Element</i>	<i>Weight Percentage %</i>	<i>Atomic Percentage %</i>
C	55.99	66.09
O	44.21	37.90
Na	01.59	00.95

(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)

Pada tabel 4.2 menjelaskan CMC batang pisang batu memiliki empat elemen unsur kimia yaitu C (Karbon), O (Oksigen) dan Na (Natrium). Hasil *Wt%* (*Weight Percentage*) pada CMC batang pisang batu yaitu 55.99% C, 44.21% O dan 0.1.59% Na. Hasil *At%* (*Atomic Percentage*) pada CMC batang pisang batu yaitu 66.09% C, 37.90% O dan 00.95% Na. Tingginya hasil persentase *Wt%* dan *At%* pada elemen atom C, dapat disimpulkan *sample* termasuk senyawa kimia ( $C_6H_{10}O_5$ ) selulosa (Yunita P. S, Gani W. A 2008).



**Gambar 4.3** Hasil SEM EDX pada CMC BPB dengan 10µm perbesaran

(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)





**Gambar 4.4** Hasil SEM EDX pada CMC BPB dengan 5000 $\mu$ m perbesaran  
(Sumber: SEM EDX Universitas Negeri Malang)

#### 4.2 *Filtration Loss*

CMC merupakan polimer alami yang efektif digunakan sebagai *filtration control* pada saat proses penyemenan dan CMC merupakan *additive* yang memadai dalam mengontrol *filtrate* pada bubuk semen untuk berbagai suhu serta CMC juga dianggap yang terbaik untuk mengontrol hilangnya cairan (Oloro John, 2017). *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.

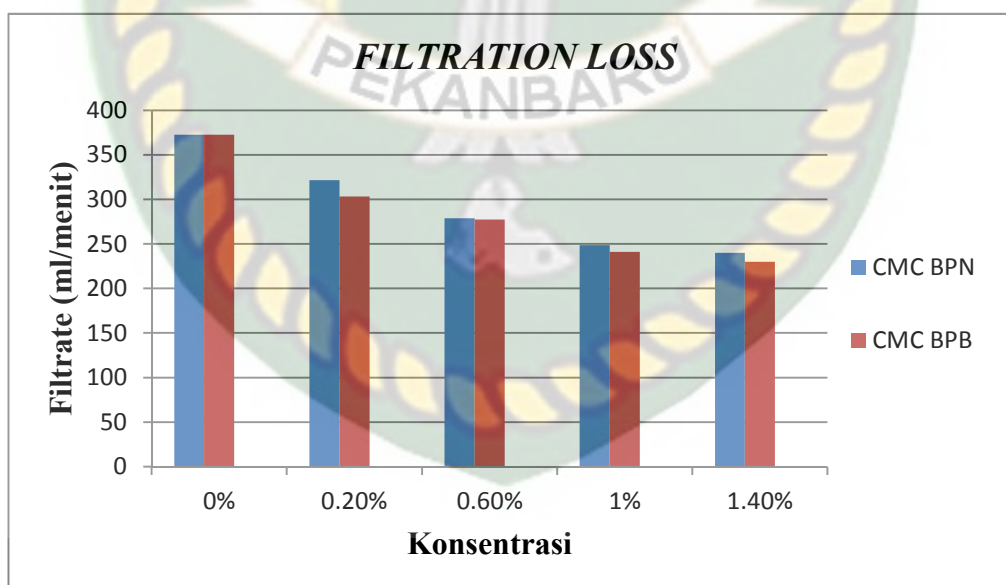
Pada *primary cementing*, *filtration loss* yang diizinkan sekitar 150-250 ml yang diukur selama 30 menit dengan menggunakan saringan berukuran 325 mesh dan pada tekanan 1.000 psi (Rubiandini,2010). Berdasarkan pembahasan mengenai *filtration loss* yang dilakukan, penambahan additive CMC yang dipakai untuk menentukan *filtration control* yang diizinkan sangatlah penting karena dengan mengetahuinya jumlah kadar *filtration loss* yg didapatkan dengan penambahan CMC ini akan menjadikan salah satu patokan untuk dilakukannya penyemenan yang sebagaimana kita ketahui bahwa *filtration loss* merupakan salah

satu sifat fisik dalam penyemenan. Berikut ini adalah hasil dari filtration loss yang dilakukan berdasarkan penambahan konsentrasi *additive* CMC sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Hasil perbandingan *additive* CMC BPN dan CMC BPB

No	<i>Additive</i>	SD (Semen Dasar)	SD 0.2% CMC	SD 0.6% CMC	SD 1% CMC	SD 1.4% CMC
1	CMC BPN	372.67	321.52	278.75	248.66	239.89
2	CMC BPB	372.67	303.19	277.52	240.99	230.89

Dari tabel 4.3 dapat dilihat hasil dari perbandingan *filtration loss* dengan penambahan konsentrasi *additive*, menunjukkan bahwa nilai *filtration loss* dari CMC BPB lebih baik dari pada CMC BPN dengan penambahan setiap konsentrasi yang sama, karena berdasarkan hasil uji SEM EDX dapat di lihat *element* karbon BPB lebih tinggi dari pada BPN. BPB juga memiliki unsur kimia Na (natrium). Pengaruh natrium yang di campurkan dengan air dapat meningkatkan kemampuan ikat air tersebut terhadap berbagai zat lain (HAM, Mulyono, 2005).



**Gambar 4.5** Perbandingan penambahan *additive* CMC BPN dan BPB

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan perbandingan antara CMC BPN dan BPB pada uji *filtration loss*, adapun dilakukannya perbandingan agar dapat mengetahui kualitas dari *additive* CMC BPN dan BPB yang telah dibuat dilaboratorium. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 0%, 0.2%, 0.6%, 1% dan 1.4%. Dilihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan *additive* CMC dapat mengurangi *filtration loss*. Sesuai dengan pernyataan diatas hanya penambahan *additive* CMC di konsentrasi 1% dan 1.4% yang diijinkan dalam *filtration loss* karena dibawah 250 ml.

#### 4.3 *Compressive Strength*

Dalam operasi penyemenan, yang perlu di perhatikan salah satunya adalah *compressive strength* dan *shear bond strength*. Seperti halnya pada sifat-sifat suspensi semen yang lain, *compressive strength* dan *shear bond strength* di pengaruhi juga oleh adanya *additive*. *Compressive strength* minimum yang direkomendasikan oleh API untuk dapat melanjutkan operasi pemboran adalah 500 psi sedangkan *shear bond strength* lebih dari 100 psi. *Compressive strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan tekanan yang berasal dari formasi dan casing atau menahan tekanan pada arah horizontal sedangkan *shear bond strength* didefinisikan sebagai kekuatan semen dalam menahan berat casing atau menahan tekanan pada arah vertikal.

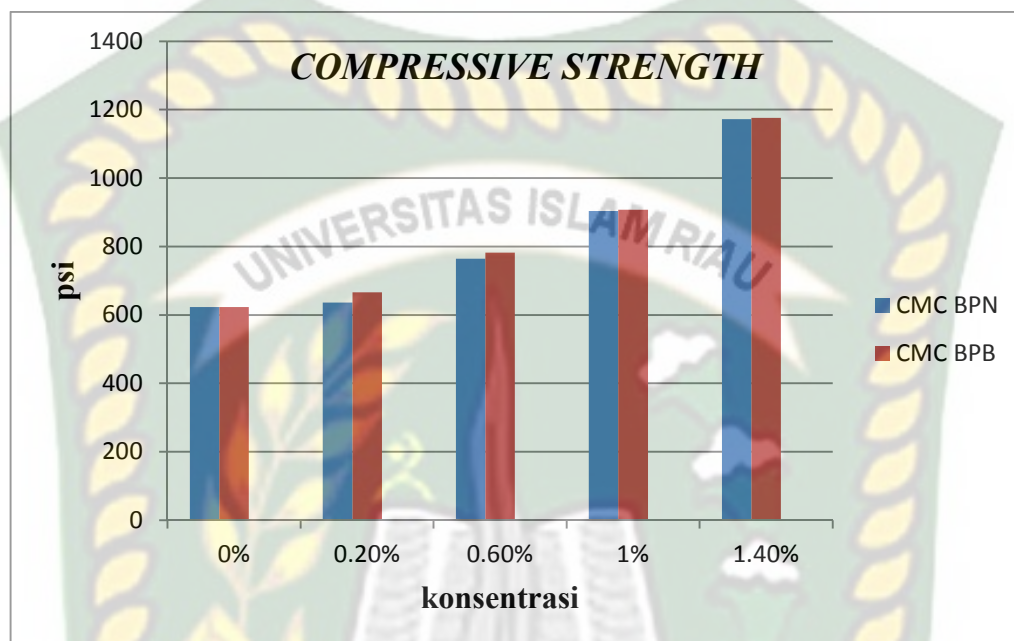
Pada percobaan ini didapat hasil perbandingan *Compressive Strength additive* CMC BPN dan CMC BPB .

**Tabel 4.4** Hasil perbandingan *additive* CMC BPN dan CMC BPB terhadap *compressive strength*

No	<i>Additive</i>	SD (Semen Dasar)	SD + 0.2% CMC	SD + 0.6% CMC	SD + 1% CMC	SD + 1.4% CMC
1	CMC BPN	623.321	636.4603	763.896	903.231	1172.397
2	CMC BPB	623.321	666.356	782.429	907.072	1175.992



Dari tabel 4.4 dapat dilihat hasil dari perbandingan *compressive strength* dengan penambahan konsentrasi *additive* menunjukkan bahwa nilai kekuatan dari CMC BPB lebih besar dari pada CMC BPN dengan penambahan setiap konsentrasi.



**Gambar 4.6** Perbandingan pengaruh penambahan *additive* dari CMC BPN dan BPB pada *Compressive Strength*.

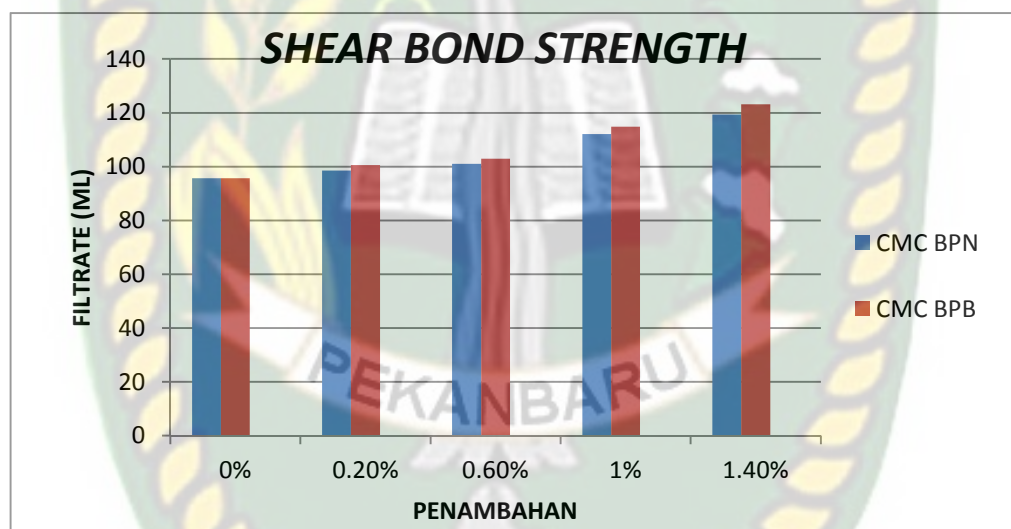
Dari gambar 4.6 menunjukkan perbandingan antara CMC BPN dan BPB pada uji *compressive strength*, adapun dilakukannya perbandingan dari setiap konsentrasi agar dapat mengetahui kualitas dari *additive* CMC BPN dan BPB yang telah dibuat dilaboratorium. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 0%, 0.2%, 0.6%, 1% dan 1.4%. Dilihat dari hasil yang telah dilakukan bahwa setiap penambahan konsentrasi menunjukkan peningkatan terhadap kekuatan semen. CMC diakui sebagai bahan multifungsi yang bisa meningkatkan kekuatan tekan pada semen (Roshan, H. 2010). Dikarenakan kehadiran dari CMC dapat mengurangi pori-pori besar yang akan mempengaruhi kekuatan semen (M Sayet et al,2018).

Pada pengujian *shear bond strength* dapat di lihat perbandingan antara *additive* CMC BPN dan CMC BPB.

**Tabel 4.5** Hasil perbandingan *additive* CMC BPN dan CMC BPB terhadap *shear bond strength*

No	Additive	SD (Semen Dasar)	SD + 0.2% CMC	SD + 0.6% CMC	SD + 1% CMC	SD + 1.4% CMC
1	CMC BPN	95.67	98.598	100.99	112.083	119.32
2	CMC BPB	95.67	100.62	102.94	114.86	123.106

Dari tabel 4.5 dapat di lihat bahwa untuk nilai *shear bond strength* CMC BPB juga lebih baik dari pada CMC BPN pada setiap penambahan konsentrasi.



**Gambar 4.7** Perbandingan pengaruh penambahan *additive* dari CMC BPN dan BPB pada *shear bond strength*.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai dari *shear bond strength* juga meningkat pada setiap penambahan konsentrasi. Sesuai nilai minimum yang direkomendasikan oleh API untuk melanjutkan operasi pemboran pada *shear bond strength* untuk CMC BPN pada konsentrasi 0.6%, 1% dan 1.4% sedangkan CMC BPB pada konsentrasi 0.2%, 0.6%, 1% dan 1.4% karena di atas 100 psi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil dari pengujian terhadap penambahan *additive* CMC dari batang pisang nangka menunjukkan pengaruh terhadap *filtration loss*, pada konsentrasi 0.2% 321.52 ml/menit, 0.6% 278.75 ml/menit, 1 % 248.66 ml/menit, 1.4% 239,89 ml/menit. Pada batang pisang batu dengan konsentrasi 0.2% 303.67 ml/menit, 0.6% 277.52 ml/menit, 1% 240.99 ml/menit, 1.4% 230.99 ml/menit. Di lihat dari hasil yang telah ada bahwa setiap penambahan *additive* CMC dapat mengurangi *filtration loss*. Namun hanya penambahan *additive* CMC di 1% dan 1.4% yang diijinkan dalam *filtration loss* karena dibawah 250 ml.
2. Dari pengujian *compressive strength* pada *additive* CMC BPN didapat hasil 0.2% 636.4603 psi, 0.6% 763.896 psi, 1% 916.319 psi dan 1.4% 1178.125 psi. Pada CMC BPB didapat hasil di 0.2% 691.502 psi, 0.6% 842.615 psi, 1% 907.072 psi dan 1.4% 1175.992 psi. pada pengujian *shear bond strength* CMC BPN di dapat hasil 0% 95.67 psi, 0.2% 98.598 psi, 0.6% 100.99 psi, 1% 112.083 psi dan 1.4% 119.32 psi. Pada CMC BPB di dapat hasil 0.2% 100.62 psi, 0.6% 102.94 psi, 1% 114.86 psi dan 1.4% 123.106 psi. Di ketahui sesuai dengan hasil dari setiap penambahan konsentrasi di dapat bahwa CMC tersebut bisa berpengaruh terhadap *compressive strength* maupun *shear bond strength* dan menunjukkan bahwa nilai kekuatan dari CMC BPB lebih besar dari pada CMC BPN dengan penambahn setiap konsentrasi.



## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan dari hasil penelitian tugas akhir ini, antara lain sebagai berikut :

1. Peneliti selanjutnya bisa menghitung seberapa besar pengaruh *additive* CMC batang pisang terhadap thickening time.
2. Menganalisa perbandingan ke ekonomian penggunaan CMC batang pisang dengan CMC standar Industri sebagai bahan *additive* di semen pemboran.



## DAFTAR PUSTAKA

- Al Quran : Surat Al Jaatsiyah ayat 13.
- American Petroleum Institute. (2002). *API Specification 10A. Specification For Well Cements and Materials For Well Twenty-third Edition*. Wasington , D, C., USA.
- Anur, Hendri. (2016). *laporan resmi annalisa semen pemboran jurusan teknik perminyakan universitas proklamasi 45 yogyakarta*.
- Ayu N, F. (2014). *Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Larutan Pemasak Dalam Pemanfaatan Pelepah Batang Pisang Sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Pulp Dengan Proses Soda*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia 2015*. Jakarta.
- BR Ginting, S. (2016). *Uji Kinerja Digester Pada Proses Pulping Pelepah Pisang Dengan Proses Soda*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dawam A, A.H & Judawisastra, H. (n.d). *Identifikasi Morfologi dan Kekuatan Tarik Polimer Serat Alam*. Prosiding Simposium Nasional Polimer VI.
- Farikhin, F. (2016). *Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif Dan Karbon Non Aktif*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- HAM, Mulyono, 2005, *Membuat Reagen Kimia Dilaboratorium, Sifat Na. CO, dan NaOH*.
- Haryono, Y. (2015). *Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sulfat Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Bonggol Pisang (Musa Paradisiaca)*.
- Indriani, D. (2012). *Kajian Formulasi Tepung Pisang Batu Dan Tepung Terigu Dalam Pembuatan Biskuit Coklat*.**
- Koh May Hong. (2013). *Preparation And Characterization Of Carboxymetyl Celulose From Sugarcane Bagasse*.

- Novrianti. (2013). *Studi Labolatorium Pengaruh Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperature Pemanasan Terhadap Free Water dan Kekuatan Semen Pemboran.*
- Oloro, J. (2017).** *The Effect of Temperature on Cement Slurry Using Fluid Loss Additive.*
- P.C. Mishra a, V.K. Singh b, K.K. Narang c, N.K. Singh a. (2002).** *Effect of carboxymethyl-cellulose on the properties of cement.*
- Ratih N, K. (2016). *Struktur Mikro Pada Beton Dengan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar.* Malang: Universitas Brawijaya.
- Roshan, H. (2010).** *Characteristics of oilwell cemen slurry using CMC.*
- Rubiandini, R. (2010). *Teknik Pemboran : Drill-016b Percobaan II Viskositas, Gel Strength dan Atmosfer Filtration Loss.* Bandung: ITB.
- Rubiandini, Rudi. (2010).** *Teori umum semen dan penyemenan.*
- Rukmana, R. (1999).** *Usaha Tani Pisang.* Yogyakarta. Karnisius.
- Sayed. M, HF El Maghraby, Bondioli. F, Naga, S.M. (2018).** *3D Carboxymethyl Cellulose/Hydroxyapatite CMC/HA scaffold Composites Based on Recycled Eggshell.*
- Singh, L & K.B, Tarun. (2013). *Handmade paper from banana stem.* International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 7, July – 2013. Agartala: NIT.
- Supiansyah. (2015). *Pengaruh Variasi Volume Matriks Recycled Polypropylene (Rpp) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Batang Pisang.* Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Susi Yunita. P dan Abdul Gani. W. (2008). *Pemanfaatan Sekam Padi dan Pelepah Pohon Pisang Sebagai Bahan Alternatif Pembuat Kertas Berkualitas.*
- Syaiful, B, D. Aswan Zain. (2006).** *Strategi Belajar Mengajar, Jakarta : Rineka Cipta.*
- Wijaya, S. M., Pitaloka, A. B., & Saputra, A.H. (2014). *Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dengan Media Reaksi Isopropanol Ethanol.* International Conference on Advance Material and Practical Nanotechnology (ICAMPN).



Wijayani, Arum, Khoirul Ummah dan Siti Tjahjani, (2005), *Characterization Of Carboxy Methyl Cellulose (CsMC) From Eichornia Crassipes (Mart) Solm*, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Woro Hastuti, Fenni dan Kesi Indriana, (2015). *Pembuatan carboxymethyl cellulose (cmc) dari batang pohon pisang (musa acuminata) dengan proses alkalisasi dan karboksimetilasi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

