

**PENGARUH *ADDITIVE* CMC SERBUK KAYU MERANTI  
TERHADAP *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *SHEAR BOND*  
*STRENGTH* PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**MUHAMMAD SENA HUSEIN**

**143210646**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2021**

## 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. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Miik :



Pekanbaru, 07 Desember 2021



*Suf*

Muhammad Sena Husein

NPM 143210646

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT 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 terimakasih kepada:

1. Ibu Novrianti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Fitrianti, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
3. Kepala laboratorium pemboran Bapak Idham Khalid, S.T., M.T., instruktur dan laboran laboratorium pemboran Teknik Perminyakan yang telah membantu penelitian ini.
4. Ketua prodi Ibu Novia Rita, S.T., M.T. dan sekretaris prodi Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T. 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, serta saudara/i dan seluruh keluarga saya atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
6. Teman-teman jurusan Teknik Perminyakan UIR angkatan 2014, khususnya kelas E yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan dan penelitian 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, 07 Desember 2021



(Muhammad Sena Husein)



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR ISI

<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>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN .....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN .....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 PENELITIAN TERDAHULU.....	4
2.2 <i>COMPRESSIVE STRENGTH DAN SHEAR BOND STRENGTH</i> .....	5
2.3 <i>CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)</i> .....	6
2.4 SERBUK KAYU MERANTI.....	7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>9</b>
3.1 METODE PENELITIAN .....	9
3.2 TEMPAT PENELITIAN .....	9
3.3 JENIS DATA.....	9
3.4 SAMPEL PENELITIAN .....	9
3.5 <i>FLOW CHART</i> .....	10
3.6 JADWAL PENELITIAN.....	11
3.7 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN .....	11
3.7.1 Bahan Penelitian.....	11

3.7.2	Alat Penelitian.....	12
3.8	PROSEDUR PENELITIAN .....	18
3.8.1	Pembuatan CMC dari Serbuk Kayu Meranti .....	18
3.8.2	Pembuatan Suspensi Semen.....	20
3.8.3	Pengujian <i>Compressive Strength</i> Dan <i>Shear Bond Strength</i> .....	21
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1	PENGUJIAN <i>COMPRESSIVE STRENGTH</i> .....	22
4.2	PENGUJIAN <i>SHEAR BOND STRENGTH</i> .....	24
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>26</b>
5.1	KESIMPULAN.....	26
5.2	SARAN.....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN I</b>	<b>.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN II</b>	<b>.....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN III</b>	<b>.....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Serbuk Kayu Meranti.....	8
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flow Chart</i> Penelitian.....	10
<b>Gambar 3.2</b>	Timbangan Digital.....	12
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Constant Speed Mixer</i> .....	12
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Water Bath</i> .....	13
<b>Gambar 3.5</b>	Cetakan Sampel.....	13
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Hydraulic Press</i> .....	14
<b>Gambar 3.7</b>	Cawan.....	14
<b>Gambar 3.8</b>	Gelas Ukur.....	15
<b>Gambar 3.9</b>	<i>Stopwatch</i> .....	15
<b>Gambar 3.10</b>	Pipet Tetes.....	16
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Sieve Analysis</i> .....	16
<b>Gambar 3.12</b>	Oven.....	17
<b>Gambar 3.13</b>	Jangka Sorong.....	17
<b>Gambar 3.14</b>	Blender.....	17
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Flow Chart</i> Pembuatan CMC Serbuk Kayu Meranti.....	18
<b>Gambar 4.1</b>	Nilai <i>Compressive Strength</i> .....	23
<b>Gambar 4.2</b>	Nilai <i>Shear Bond Strength</i> .....	24

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Perbandingan h/d pada Koefisien Faktor .....	6
<b>Tabel 2.2</b>	Komponen Kimia Serbuk Kayu Meranti .....	8
<b>Tabel 3.1</b>	Jadwal Penelitian Tugas Akhir .....	11
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Perhitungan Nilai <i>Compressive Strength</i> Semen Kelas G ditambah CMC Serbuk Kayu Meranti .....	22
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Perhitungan Nilai <i>Shear Bond Strength</i> Semen Kelas G ditambah CMC Serbuk Kayu Meranti .....	24





## DAFTAR LAMPIRAN

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



Dokumen ini adalah Arsip Miik :  
Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>American Standard Testing and Material</i>
BWOC	<i>By Weight Of Cement</i>
CS	<i>Compressive Stength</i>
CHEC	<i>Carboxymethyl Hidroksietil Selulosa</i>
CMC	<i>Carboxymethyl Cellulose</i>
HEC	<i>Hidroksietil Selulosa</i>
MAA	<i>Monochloride Acetic Acid</i>
OPC	<i>Ordinary Portland Cement</i>
PPG	<i>Polypropylene Glycol</i>
psi	<i>Pounds per Square Inch</i>
rpm	<i>Rotation Per Minute</i>
SBS	<i>Shear Bond Strength</i>
SG	<i>Spesific Gravity</i>

## DAFTAR SIMBOL

A1	Luas permukaan <i>bearing block</i> , in <sup>2</sup>
A2	Luas permukaan sampel, in <sup>2</sup>
D	Diameter dalam cetakan sampel, in
h	Tinggi sampel semen, in
K	Koefisien faktor
P	Pembebanan maksimum, psi



# PENGARUH *ADDITIVE* CMC SERBUK KAYU MERANTI TERHADAP *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *SHEAR BOND STRENGTH* PADA SEMEN PEMBORAN KELAS G

MUHAMMAD SENA HUSEIN  
143210646

## ABSTRAK

Proses penyemenan sangat penting dalam operasi pemboran migas. Salah satu hal terpenting dalam proses penyemenan yaitu dilihat dari kualitas ikatan semen yang dapat ditentukan dari nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* suatu semen. Limbah dari serbuk kayu meranti cukup banyak dan baru sedikit dimanfaatkan. Pengujian ini dilakukan untuk memanfaatkan serbuk kayu meranti menjadi *additive* CMC yang diharapkan dapat meningkatkan dan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen pemboran kelas G. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *additive* CMC serbuk kayu meranti, dilakukan pengujian dengan konsentrasi sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% *By Weight Of Cement* (BWOC). Setelah suspensi semen selesai dibuat, suspensi semen dituangkan kedalam cetakan dan dimasukkan kedalam *water bath* untuk dikeringkan selama 24 jam. Setelah kering sampel akan diuji pembebanannya dengan menggunakan alat *hydraulic press*. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan *additive* CMC serbuk kayu meranti terjadi peningkatan dan penurunan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen pemboran kelas G. Hasil optimum yang diperoleh yaitu pada konsentrasi 1,5%, dimana *compressive strength* yang diperoleh sebesar 2329,3303 psi dan untuk *shear bond strength* yang diperoleh sebesar 346,5431 psi.

**Kata kunci :** *compressive strength*, *shear bond strength*, CMC, serbuk kayu meranti, *hydraulic press*

# ***EFFECT OF ADDITIVE CMC OF MERANTI WOOD POWDER ON COMPRESSIVE STRENGTH AND SHEAR BOND STRENGTH ON CLASS G DRILLING CEMENT***

**MUHAMMAD SENA HUSEIN  
143210646**

## **ABSTRACT**

*The cementing process is very important in oil and gas drilling operations. One of the most important things in the cementing process is seen from the quality of cement which can be determined from the value of the compressive strength and shear bond strength of a cement. Waste from meranti wood powder is quite a lot and has only been used a little. This test was conducted to utilize meranti wood powder into CMC additive which is expected to increase and determine its effect on the compressive strength and shear bond strength of class G drilling cement. To determine the effect of adding meranti wood powder CMC additives, tests were carried out with concentrations of 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, and 2% By Weight Of Cement (BWOC). After the cement suspension is made, the cement suspension is put in and put into a water bath to dry for 24 hours. After drying the sample will be tested for loading using a hydraulic press. Based on tests using the meranti wood powder CMC additive, there was an increase and decrease in the value of compressive strength and shear bond strength in class G drilling cement. The optimum results obtained are at a concentration of 1.5%, where the compressive strength obtained is 2329,3303 psi and for the shear bond strength obtained is 346,5431 psi.*

***Key words*** : *compressive strength, shear bond strength, CMC, meranti wood powder, hydraulic press*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Penyemenan merupakan salah satu proses yang sangat penting dalam operasi pemboran migas. Keberhasilan operasi penyemenan dapat mengurangi jumlah pekerjaan *workover* dan memperpanjang *lifetime* sumur migas. Kegagalan dalam operasi penyemenan akan berakibat buruk dalam tahap produksi sehingga kualitas ikatan semen perlu diperhatikan. Baik atau tidaknya kualitas ikatan semen dapat ditentukan dari nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* suatu semen (Novrianti, 2016). Nilai minimum *compressive strength* adalah 500 psi sedangkan nilai *shear bond strength* adalah melebihi 100 psi (American Petroleum Institute, 2002). Apabila *compressive strength* ditingkatkan maka *shear bond strength* semen akan meningkat juga, karna nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* berbanding lurus.

Untuk meningkatkan kekuatan (*strength*) semen pemboran dilakukan penambahan beberapa *additive* pada semen pemboran. Peran *additive* dalam semen adalah untuk memperbesar *strength*, mempercepat atau memperlambat *thickening time*, mengurangi *fluid loss*, meningkatkan ketahanan semen terhadap cairan korosif, menambah atau mengurangi *viskositas*, dan mencegah *lost circulation* (Samura *et al.*, 2017). Akan tetapi, kenaikan harga semen di pasaran saat ini untuk pembuatan suspensi semen juga memengaruhi kenaikan biaya penyemenan sumur migas, sehingga perlu adanya strategi yang dilakukan untuk meminimalisir biaya dalam pembuatan suspensi semen. Perlu dilakukan strategi untuk solusi alternatif pembuatan suspensi semen yang menggunakan material-material aditif yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satunya yaitu *carboxymethyl cellulose* (CMC).

Penambahan *additive* yang mempunyai komposisi selulosa untuk dijadikan CMC sudah pernah dilakukan sebelumnya, diantaranya menggunakan eceng gondok, tandan kelapa kosong kelapa sawit, kulit kacang tanah dan batang pisang

angka dan pisang batu. Untuk pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength* telah dilakukan penelitian pada CMC batang pisang angka dan pisang batu. Hasilnya terjadi peningkatan *compressive strength* dan *shear bond strength* setelah ditambah *additive* tersebut (Haris, 2019).

Dalam hal ini, peneliti mencoba membuat bahan pembuatan CMC dari serbuk kayu meranti. Menurut Allo, Zakir & La Nafie (2014), kandungan kadar selulosa pada kayu meranti adalah 49,6-56,1%. Hal ini memungkinkan pemanfaatan serbuk kayu meranti sebagai bahan baku pembuatan CMC. Pada tahun 2016 produksi kayu meranti di Indonesia yang dihasilkan sebanyak 4.784.021,58 m<sup>3</sup> (Badan Pusat Statistik, 2016). Banyaknya produksi tersebut tentunya mengakibatkan jumlah limbah kayu meranti yang dihasilkan juga banyak. Sehingga untuk memanfaatkan limbah tersebut, maka ada peluang untuk menjadikannya sebagai bahan dasar pembuatan CMC.

Penelitian ini akan meneliti pengaruh penambahan zat *additive* CMC serbuk kayu meranti terhadap peningkatan *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran kelas G. Selain itu, juga untuk menentukan komposisi CMC serbuk kayu meranti yang sesuai untuk memperoleh *strength* yang optimal. Diharapkan penambahan CMC serbuk kayu meranti akan berpengaruh terhadap peningkatan *strength* semen pemboran.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh penambahan *additive* CMC serbuk kayu meranti terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen pemboran kelas G.
2. Menentukan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* yang optimal pada semen pemboran kelas G berdasarkan variasi konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% *additive* CMC serbuk kayu meranti.

### 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan dapat memberikan berbagai manfaat diantaranya yaitu :

1. Memberikan pengetahuan tentang pemanfaatan limbah serbuk kayu meranti dalam pengembangan ilmu perminyakan serta pengayaan materi khususnya semen pemboran pada mata kuliah Teknik Pemboran II.
2. Dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian selanjutnya mengenai limbah serbuk kayu meranti ataupun limbah lainnya.
3. Dapat dijadikan sebagai jurnal/karya ilmiah yang dapat dipublikasikan pada skala nasional maupun internasional.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Serbuk kayu meranti yang digunakan diperoleh dari Pengetaman Kayu Kusen Pintu Satria Jaya Pekanbaru, Jl. Kartama, Maharatu, Kec. Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru, Riau.
2. Uji yang dilakukan hanya uji *strength* semen pemboran di Laboratorium Pemboran Universitas Islam Riau.
3. Variasi konsentrasi yang digunakan hanya 0%, 0,5%, 1,%, 1,5%, dan 2%.
4. Tidak membahas ukuran partikel dan nilai keekonomisan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Proses penyemenan merupakan indikator yang penting bagi operasi migas. Salah satunya yaitu terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* semen. Oleh karena itu perlu ditambahkan zat aditif agar bisa meningkatkan nilai dari *strength* semen tersebut. Akan tetapi zat aditif yang sering digunakan memerlukan biaya yang besar sehingga perlu dicari solusi alternatifnya. Itu sebabnya dilakukan penelitian terhadap limbah-limbah agar bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan zat aditif seperti CMC. Penelitian tersebut harus memiliki data yang asli dan sah kebenarannya.

Hal ini bisa dilihat pada QS. Al-Jaatsiyah ayat 29 yang artinya “Allah berfirman, "Inilah Kitab (catatan) Kami yang menuturkan kepadamu dengan sebenar-benarnya. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan."

#### 2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh CMC pada sifat fisik semen. Penelitian ini dilakukan untuk melihat efek CMC terhadap *setting time*, *compressive strength*, kekerasan rekahan semen, pengurangan adsorpsi air dan tahan korosi (Mishra *et al.*, 2003). Hasilnya penambahan CMC pada semen dapat meningkatkan *strength* dan kekerasan rekahan, selain itu CMC memiliki kemampuan untuk menahan atau memperkecil pori-pori sehingga dapat mengurangi filtat yang keluar dan tahan terhadap korosi.

Penelitian yang lain mengenai efek CMC pada sifat fisik *Ordinary Portland Cement* (OPC) untuk mengetahui efek penambahan CMC dengan konsentrasi 0,25%, 0,5% dan 1,5% terhadap *compressive strength*, *setting time*, porositas, ketahanan korosi, densitas dan adsorpsi air pada semen Portland (Farougue, 2010). Berdasarkan hasil pengujian, CMC efektif untuk digunakan *compressive strength*,

mengurangi korosi, meningkatkan *setting time*, dan memiliki sifat adsorpsi terhadap air.

Penelitian selanjutnya mengenai karakteristik suspensi semen *oilwell* menggunakan CMC, dapat mendukung kekuatan tekan awal dan tinggi yang diperlukan dalam kasus khusus ini. Perlu dicatat bahwa CMC ialah *additive* konvensional yang secara individual meningkatkan kekuatan tekan, waktu penebalan, dan permeabilitas semen. CMC yang bersifat adsorb menyerap lebih banyak air daripada semen murni karena *free water* terserap oleh CMC. Keuntungan spesifik CMC adalah multifungsi. Jika tidak, upaya ekstra harus dilakukan untuk menghindari kemungkinan pertikaian yang muncul di antara berbagai aditif yang berbeda. Akhirnya, CMC lebih disukai secara ekonomis karena mudah diakses di seluruh dunia (Roshan & Asef, 2010).

Penelitian (Haris, 2019) menggunakan batang pisang nangka dan pisang batu sebagai CMC untuk diuji terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* semen pemboran. Penelitian diuji dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 0%, 0,2%, 0,6%, 1% dan 1,4%. Hasilnya didapatkan bahwa dengan penambahan konsentrasi CMC tersebut maka terdapat peningkatan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* semen.

## 2.2 COMPRESSIVE STRENGTH DAN SHEAR BOND STRENGTH

Kekuatan (*strength*) semen dibagi menjadi dua jenis, yaitu *compressive strength* dan *shear bond strength*. Umumnya nilai *compressive strength* 8-10 kali lebih tinggi dari nilai *shear bond strength*. Pengujian *compressive strength* dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat *Curing Chamber* dan *Hydraulic Mortar* (Martha *et al.*, 2015). *Curing chamber* dapat menguji *strength* semen sampai temperatur dan tekanan tinggi. *Hydraulic mortar* merupakan mesin pemecah semen yang sudah mengeras (Rubiandini, 2010).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *compressive strength* adalah:

$$CS = K \times P \times \left( \frac{A1}{A2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

CS = *Compressive Strength* semen, psi

K = Koefisien faktor, fungsi dari perbandingan tinggi (h) terhadap diameter (d)

P = Pembebanan maksimum, psi

$A_1$  = Luas penampang *bearing block*, in<sup>2</sup>

$A_2$  = Luas permukaan sampel semen, in<sup>2</sup>

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *shear bond strength* adalah :

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

dimana :

SBS = *Shear Bond Strength* semen, psi

K = Koefisien faktor, fungsi dari perbandingan tinggi (h) terhadap diameter (d)

P = Pembebanan maksimum, psi

$A_1$  = Luas penampang *bearing block*, in<sup>2</sup>

D = Diameter dalam cetakan sampel, in

h = Tinggi sampel semen, in

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  $h/d$  pada Koefisien Faktor

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

Sumber : Ridho & Khoeri. (2015)

### 2.3 CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)

CMC adalah senyawa turunan selulosa dalam bentuk eter polimer selulosa linier dan senyawa anionik, mudah terurai, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan larut dalam air. (Hastuti & Indriana, 2015). CMC banyak digunakan di

bidangmakanan, kimia, migas, tekstil, serta bahan konstruksi. Ini disebabkan karena CMC memiliki fungsi pengental, penstabil dan perekat (Wijayani *et al.*, 2005). CMC bersifat relatif aman karena merupakan zat aditif yang tidak menimbulkan alergi, tidak beracun dan bersifat *inert* (Kamal, 2010).

Meskipun CMC sudah dimanfaatkan dalam berbagai macam industri, untuk penerapan dalam semen baru berkembang saat ini. Minsalnya CMC dalam semen sudah digunakan untuk aplikasi teknik sipil (Roshan & Asef, 2010). Akan tetapi, turunan selulosa yang lain seperti *carboxymethyl hidroksietil selulosa* (CHEC) dan *hidroksietil selulosa* (HEC) sudah digunakan pada industri migas khususnya semen sebagai aditif *filtration loss*.

Dalam pembuatan CMC biasanya menggunakan bahan-bahan yang mengandung senyawa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Sekarang ini banyak penggunaan CMC dari bahan kayu maupun nonkayu seperti tongkol jagung, pelepah kelapa sawit, jerami dan sebagainya. Karena kandungan selulosa yang terdapat dalam kayu meranti sebesar 51,45% menurut Sari, Dewi & Hengky (2009), maka kayu meranti berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan CMC karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi.

#### 2.4 SERBUK KAYU MERANTI

Meranti (*Shorea spp*) termasuk salah satu jenis pohon yang banyak ditemukan di Indonesia khususnya di Pulau Kalimantan. Tingginya bisa mencapai 50 m dan diameternya bisa mencapai 100 cm (Praptoyo, 2010). Meranti merupakan komoditas penting dan salah satu jenis tanaman produksi kayu yang paling komersil di Indonesia.

Pada proses pengergajian, terdapat butiran-butiran kayu yang sering disebut serbuk gergaji. Sumbernya dapat diambil dari limbah pertanian ataupun perkayuan (Setiyono, 2004). Serbuk gergaji dihasilkan sebanyak 20%–30% dari aktivitas penggergajian. Sebagai contoh, jika produksi kayu penggergajian Indonesia 2,5 juta m<sup>3</sup> pertahun, maka limbahnya sebesar 0,75 juta m<sup>3</sup> (Sari *et al.*, 2009). Serbuk kayu meranti merupakan salah satu limbah pengolahan kayu yang perlu ditangani lebih lanjut atau dilakukan pemanfaatan ulang.



**Gambar 2.1** Serbuk Kayu Meranti

Ada beberapa cara yang dilakukan dalam pemanfaatan pada limbah serbuk kayu meranti yaitu salah satu caranya mengolah serbuk kayu meranti menjadi bahan dasar pembuatan CMC. Kandungan selulosa pada serbuk kayu meranti termasuk tinggi yaitu sebesar 51,45% (Sari *et al.*, 2009). Hal ini bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.2** Komponen Kimia Serbuk Kayu Meranti

Komponen	Persen (%)
Selulosa	51,45
Lignin	31,62
Pentosan	24,12
Abu	0,86
Silika	0,86

Sumber : Sari *et al.* (2009)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 METODE PENELITIAN**

Metode pada yang dipakai merupakan metode *Experiment Research* atau penelitian eksperimen. Data yang digunakan data primer hasil uji laboratorium.

#### **3.2 TEMPAT PENELITIAN**

Untuk pembuatan CMC serbuk kayu meranti dan pengujian *strength* semen pemboran dilakukan di Laboratorium Pemboran Universitas Islam Riau.

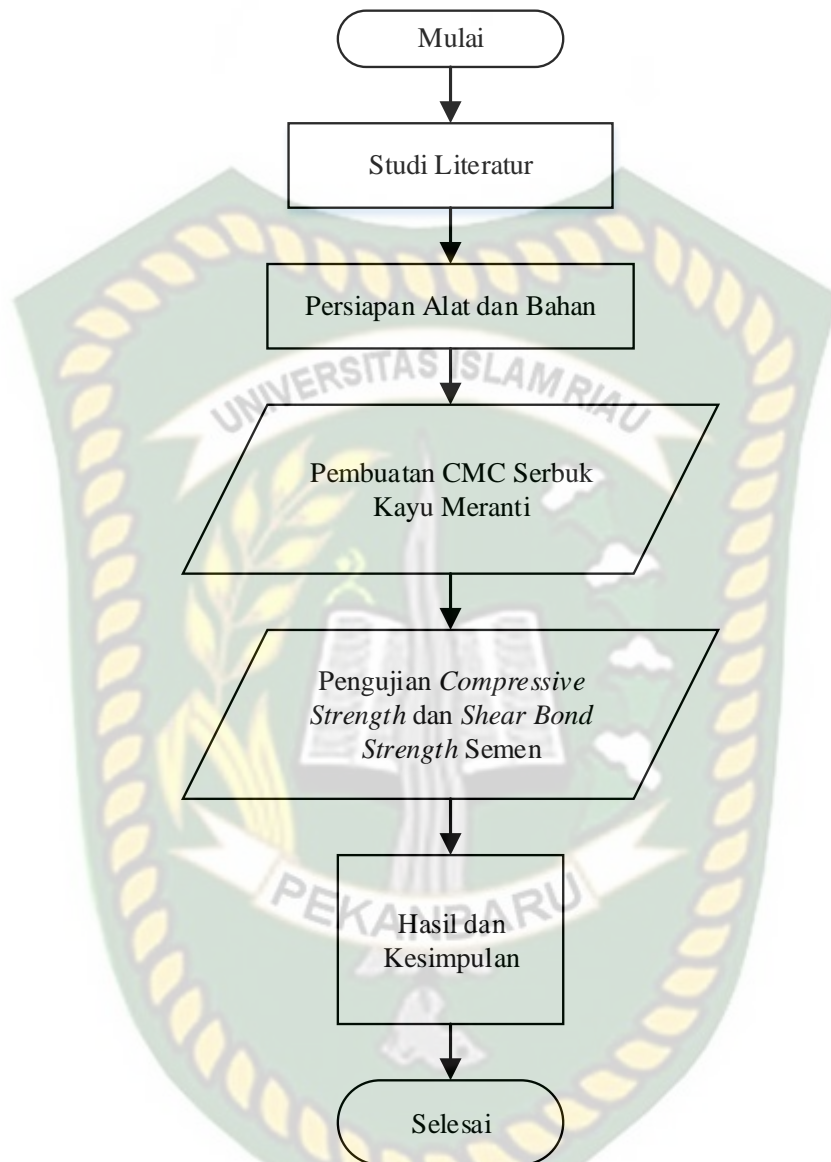
#### **3.3 JENIS DATA**

Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari penelitian yang dilakukan, dan data sekunder dari buku, *paper*, jurnal, penelitian terdahulu dan diskusi dengan dosen pembimbing.

#### **3.4 SAMPEL PENELITIAN**

Sampel yang digunakan adalah serbuk kayu meranti yang didapatkan dari Pengetaman Kayu Kusen Pintu Satria Jaya Pekanbaru, Jl. Kartama, Maharatu, Kec. Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru, Riau.

### 3.5 FLOW CHART



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

### 3.6 JADWAL PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, yaitu bulan Agustus sampai dengan November 2021.

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Deskripsi Kegiatan	Bulan			
	Agustus	September	Oktober	November
Studi Literatur	■	■	■	■
Persiapan Alat dan Bahan	■	■	■	■
Pembuatan CMC Serbuk Kayu Meranti	■	■	■	■
Pengujian CS dan SBS Semen	■	■	■	■
Hasil dan Kesimpulan	■	■	■	■

### 3.7 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

#### 3.7.1 Bahan Penelitian

Berikut adalah bahan yang digunakan pada penelitian ini :

1. Semen Klasifikasi Kelas G
2. Air
3. *Polypropylene glycol* (PPG)
4. CMC serbuk kayu meranti



### 3.7.2 Alat Penelitian

Berikut adalah gambar dan fungsi alat yang digunakan pada penelitian ini :

1. Timbangan Digital

Fungsi : Mengukur atau menimbang berat bahan suspensi semen dan *additive* yang akan digunakan.



Gambar 3.2. Timbangan Digital

2. *Constant Speed Mixer*

Fungsi : Melakukan *mixing* bahan suspensi semen beserta *additive* agar semua bahan tercampur merata.



Gambar 3.3 *Constant Speed Mixer*

### 3. *Water Bath*

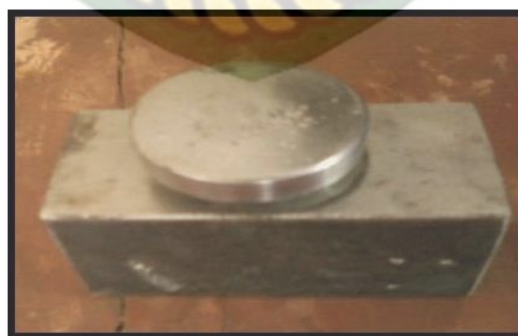
Fungsi : Melakukan pengontrolan *temperature* semen agar tetap konstan dalam pengerasan sampel.



**Gambar 3.4** *Water Bath*

### 4. Cetakan Sampel

Fungsi : Mencetak sampel semen yang akan digunakan pada pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*.



**Gambar 3.5** Cetakan Sampel

5. *Hydraulic press*

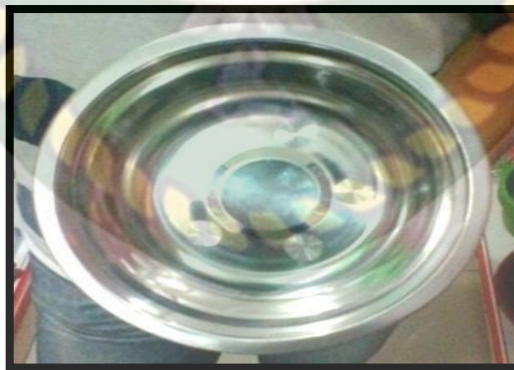
Fungsi : Digunakan sebagai pengukuran kekuatan tekanan retak semen pemboran.



**Gambar 3.6** *Hydraulic press*

6. Cawan

Fungsi : Untuk tempat pengumpulan sampel.



**Gambar 3.7** Cawan

7. Gelas Ukur

Fungsi : Mengukur volume air yang akan digunakan.



**Gambar 3.8** Gelas Ukur

8. *Stopwatch*

Fungsi : Untuk menghitung waktu *mixing*.



**Gambar 3.9** *Stopwatch*

9. Pipet Tetes

Fungsi : Untuk mengambil bahan yang berbentuk cairan.



**Gambar 3.10** Pipet Tetes

10. *Sieve Analysis*

Fungsi : Untuk menyaring butiran serbuk kayu meranti.



**Gambar 3.11** *Sieve Analysis*

11. Oven

Fungsi : Untuk pemanasan / pengeringan sampel yang akan diolah.



**Gambar 3.12** Oven

12. Jangka Sorong

Fungsi : Mengukur ketebalan sampel semen pemboran.



**Gambar 3.13** Jangka Sorong

13. Blender

Fungsi : Untuk menghaluskan sampel.

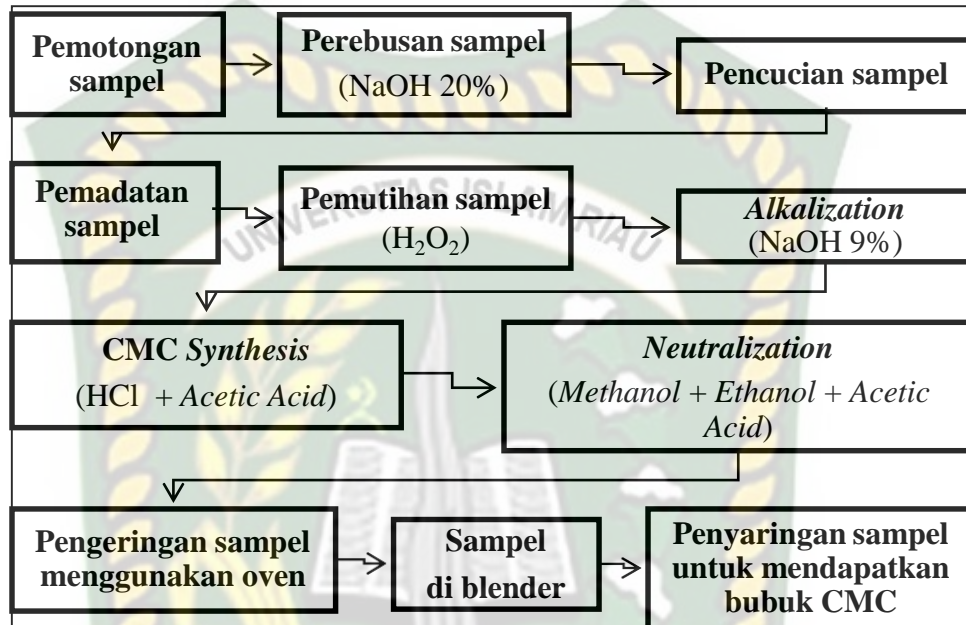


**Gambar 3.14** Blender

### 3.8 PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.8.1 Pembuatan CMC dari Serbuk Kayu Meranti

Berikut merupakan metode pemisahan lignin pada selulosa hingga dapat diolah menjadi CMC menurut Hong (2013) dan Kelco (2009), adapun alur prosedur pembuatan CMC sebagai berikut :



**Gambar 3.15** Flow Chart Pembuatan CMC Serbuk Kayu Meranti

#### 1. Perebusan Sampel (*Delignification*)

Merupakan tahapan pengikisan lignin pada sampel memanfaatkan bantuan NaOH 20% pada air 350 ml. Pada proses ini sampel di rendam dalam larutan NaOH selama 2 jam dengan suhu 120°C untuk 50 gr serbuk kayu meranti. Tahapan *delignification* ini akan memecah dinding lignin yang didalamnya terdapat selulosa inti dari serbuk kayu tersebut. Proses ini menggunakan takaran persen dikarenakan setiap sampel tumbuhan memiliki kadar lignin berbeda, pada serbuk kayu meranti peneliti menggunakan 20% dikarenakan beberapa faktor diantaranya tingkat kehalusan sampel, jumlah sampel, dan efisiensi bahan kimia.

2. Pemutihan Sampel (*Bleaching Chemical*)

Merupakan tahapan kedua yang memanfaatkan bantuan zat kimia  $H_2O_2$  untuk memutihkan *sample* yang telah berwarna gelap karena proses *delignification* sekaligus menghancurkan *lignin* yang masih berukuran besar dengan kadar 98% pada takaran 350 ml dan lama perendaman sampel 2 jam pada suhu ruangan.

3. *Selulose Puring*

Merupakan tahapan ketiga yang memanfaatkan  $NaOH_{(aq)}$  9%, yang bertujuan untuk memastikan *lignin* yang berukuran besar dan tebal masih lolos dari tahapan sebelumnya dengan takaran 350 ml pada sampel, dan lama perendaman sampel 2 jam pada suhu ruangan.

4. *Monochloride Acetic Acid*

Merupakan larutan kimia yang berasal dari campuran *Acetic Acid* 100% sebanyak 100 ml dan  $HCL_{(aq)}$  100% sebanyak 100 ml. MAA ini bertugas untuk merubah selulosa dari sifat padat menjadi serabut-serabut halus yang dapat diamati ketika proses ini selesai, dan lama perendaman sampel 2 jam pada suhu ruangan.

5. *Neutralizer*

Merupakan tahapan pemurnian dari zat kimia sebelumnya, *neutralizer* ini terbagi atas campuran larutan *Ethanol* 100 ml, *Methanol* 100ml, dan *Acetic Acid* 100 ml selama 2 jam perendaman. Fungsi utama *Neutralizer* ini ialah menetralkan sifat asam dan basa dari tahapan kimia sebelumnya dan menghilangkan aroma khas asam pada tahapan MAA, pada akhir tahapan ini selulosa CMC kasar telah terbentuk namun masih memerlukan *treatment* pengeringan selama 2 jam dengan suhu  $120^{\circ}C$ .



## 6. *Grinding and Sieving*

Merupakan tahapan pencacahan dan pengayakan sampel agar selulosa CMC halus dapat terpisah dari sisa-sisa lignin halus yang masih menempel pada selulosa.

### 3.8.2 Pembuatan Suspensi Semen

Prosedur pembuatan suspensi semen pada penelitian ini berdasarkan penelitian terdahulu (Herawati *et al.*, 2017) :

1. Menimbang semen sebanyak 525,4515 gram, ppg sebanyak 0,5254 gram, dan air sebanyak 434,0229 ml (untuk pembuatan suspensi semen dasar).
2. Menimbang semen sebanyak 534,5509 gram, ppg sebanyak 0,5345 gram, dan air sebanyak 422,2417 ml (jumlah ini untuk sampel semen dasar + 0,5% CMC serbuk kayu meranti).
3. Untuk sampel selanjutnya, ulangi komposisi sampel dengan komposisi CMC serbuk kayu meranti dengan berbagai konsentrasi penambahan 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% yang telah diperhitungkan (Sayed *et al.*, 2018).
4. Dari semua bahan yang akan digunakan tersebut, kemudian memasukan air kedalam *cement mixer* terlebih dahulu. Lalu *mixer* dinyalakan dengan kecepatan rendah (4000 rpm) lalu memasukan semen yang sudah dicampur dengan CMC serbuk kayu meranti dan PPG, lanjutkan pengadukan dengan kecepatan tinggi (12000 rpm) selama 10 menit.
5. Setelah pembuatan suspensi semen selesai, dilanjutkan dengan pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*.

### 3.8.3 Pengujian *Compressive Strength* dan *Shear Bond Strength*

Prosedur *compressive strength* dan *shear bond strength* pada penelitian ini berdasarkan penelitian terdahulu (Herawati *et al.*, 2017) :

1. Pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength* dilakukan dengan alat *hydraulic press*.
2. *Compressive strength* menggunakan cetakan kubik yang telah diolesi dengan *grease* sedangkan *shear bond strength* menggunakan cetakan silinder.
3. Memasukkan suspensi semen yang telah disediakan ke dalam cetakan kubik dan cetakan silinder yang kemudian akan digunakan untuk pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*.
4. Menutup cetakan sampel dengan aluminium foil dan kemudian dengan plastik hingga rapat lalu merendamnya dalam *water bath* yang sebelumnya sudah dipanaskan sesuai dengan suhu yang diinginkan.
5. Diamkan cetakan selama 24 jam, setelah 24 jam sampel diangkat dari *waterbath* kemudian buka sampel dari cetakan.
6. Ukur kekuatan tekanan sampel cetakan kubik untuk *compressive strength* dan sampel cetakan slinder untuk *shear bond strength* dengan *hydraulic press*.
7. Menaksir tekanan maksimum retak (pecah).
8. Menaksir laju pembebanan maksimum diantara 20-80 detik.
9. Catat hasil dari pengujian yang dilakukan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

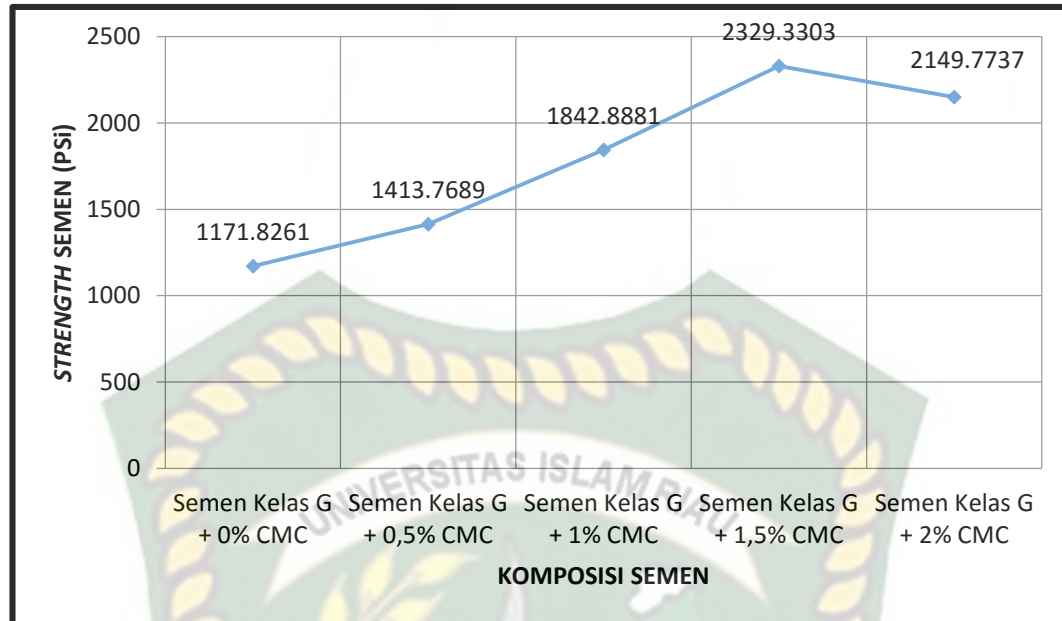
Penelitian ini dilakukan berdasarkan percobaan di laboratorium untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *additive* CMC serbuk kayu meranti terhadap *compressive strength* dan *shear bond strength* semen kelas G pemboran. Pengujian ini dilakukan pada berbagai variasi konsentrasi agar mendapatkan nilai optimum pada pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*.

#### 4.1 PENGUJIAN *COMPRESSIVE STRENGTH*

Pengujian *compressive strength* pada semen kelas G dengan penambahan konsentrasi CMC serbuk kayu meranti yaitu dari konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% BWOC.

**Tabel 4.1** Hasil Perhitungan Nilai *Compressive Strength* Semen Kelas G ditambah CMC Serbuk Kayu Meranti

Komposisi Suspensi Semen	Nilai <i>Compressive Strength</i> (psi)
Semen Kelas G + 0% CMC	1171,8261
Semen Kelas G + 0,5% CMC	1413,7689
Semen Kelas G + 1% CMC	1842,8881
Semen Kelas G + 1,5% CMC	2329,3303
Semen Kelas G + 2% CMC	2149,7737



**Gambar 4.1** Nilai *Compressive Strength*

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa dengan penambahan variasi konsentrasi CMC serbuk kayu meranti dapat berpengaruh terhadap peningkatan nilai *compressive strength*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 0% CMC serbuk kayu meranti diperoleh nilai *compressive strength* sebesar 1171,8261 psi, penambahan 0,5% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *compressive strength* sebesar 1413,7689 psi, penambahan 1% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *compressive strength* sebesar 1842,8881 psi, penambahan 1,5% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *compressive strength* sebesar 2329,3303 psi dan penambahan 2% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *compressive strength* sebesar 2149,7737 psi. Penambahan CMC serbuk kayu meranti pada konsentrasi 2% mengakibatkan terjadinya penurunan nilai *compressive strength* sehingga CMC serbuk kayu meranti dengan konsentrasi 1,5% merupakan konsentrasi yang menghasilkan nilai *compressive strength* optimum.

Terjadinya peningkatan nilai *compressive strength* pada CMC serbuk kayu meranti disebabkan karena CMC dapat meningkatkan kerapatan serta dapat memperkecil atau menahan pori-pori sehingga dapat mengurangi filtrat yang keluar (Mishra *et al.*, 2003). Oleh sebab itu, semakin kecilnya pori-pori tersebut dapat menyebabkan *strength* semen semakin besar. Sedangkan terjadinya penurunan nilai *compressive strength* CMC serbuk kayu meranti pada konsentrasi 2% disebabkan

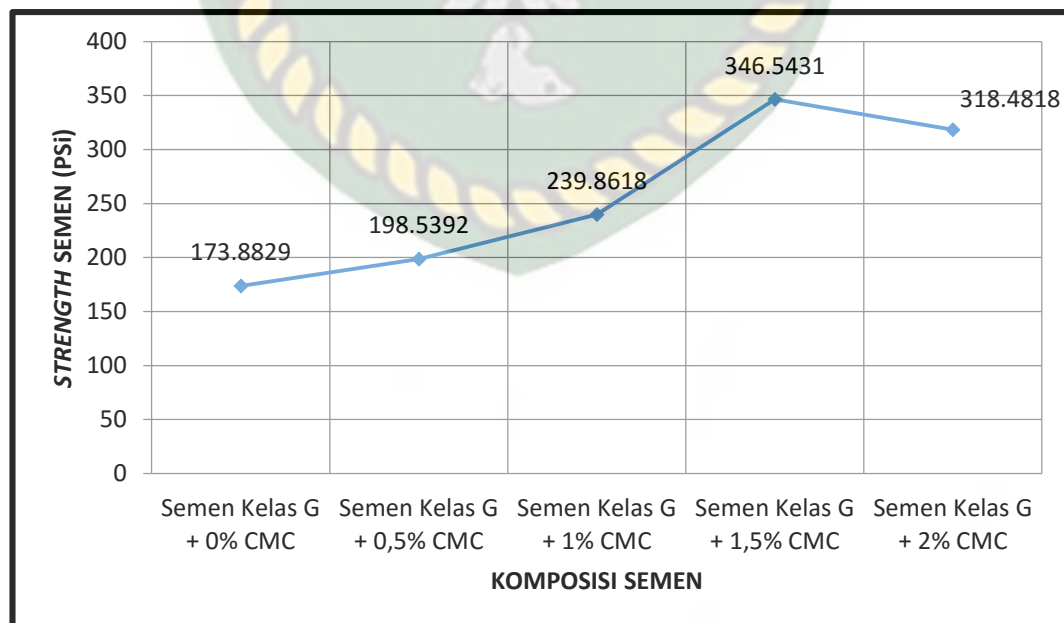
karena meningkatnya konsentrasi yang tinggi sehingga menghambat pembentukan mikrostruktur dasar yang mempengaruhi dari *compressive strength* (Farougue, 2010). Karena terhambatnya pembentukan tersebut, maka menyebabkan ikatan semen tidak terbentuk secara sempurna sehingga menyebabkan *strength* semen mudah rapuh dan tidak kokoh.

#### 4.2 PENGUJIAN *SHEAR BOND STRENGTH*

Pengujian *shear bond strength* pada semen kelas G dengan penambahan konsentrasi CMC serbuk kayu meranti yaitu dari konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% BWOC.

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Nilai *Shear Bond Strength* Semen Kelas G ditambah CMC Serbuk Kayu Meranti

Komposisi Suspensi Semen	Nilai <i>Shear Bond Strength</i> (psi)
Semen Kelas G + 0% CMC	173,8829
Semen Kelas G + 0,5% CMC	198,5392
Semen Kelas G + 1% CMC	239,8618
Semen Kelas G + 1,5% CMC	346,5431
Semen Kelas G + 2% CMC	318,4818



**Gambar 4.2** Nilai *Shear Bond Strength*

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa dengan penambahan variasi konsentrasi CMC serbuk kayu meranti dapat berpengaruh terhadap peningkatan nilai *shear bond strength*. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi 0% CMC serbuk kayu meranti diperoleh nilai *shear bond strength* sebesar 173,8829 psi, penambahan 0,5% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *shear bond strength* sebesar 198,5392 psi, penambahan 1% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *shear bond strength* sebesar 239,8618 psi, penambahan 1,5% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *shear bond strength* sebesar 346,5431 psi dan penambahan 2% CMC serbuk kayu meranti memperoleh nilai *shear bond strength* sebesar 318,4818 psi. Penambahan CMC serbuk kayu meranti pada konsentrasi 2% mengakibatkan terjadinya penurunan nilai *shear bond strength* sehingga CMC serbuk kayu meranti dengan konsentrasi 1,5% merupakan konsentrasi yang menghasilkan nilai *shear bond strength* optimum.

Terjadinya peningkatan nilai *shear bond strength* pada CMC serbuk kayu meranti disebabkan karena adanya Silika pada semen yang dapat menyerap zat kapur serta air yang terbebaskan dari semen, sehingga akan menambah daya ikat partikel antar semen dan membuat *strength* semen semakin meningkat. Sedangkan terjadinya penurunan nilai *shear bond strength* CMC serbuk kayu meranti pada konsentrasi 2% disebabkan karena tidak mampunya konsentrasi Silika yang terkandung dalam semen untuk menyerap zat kapur dan air yang terbebaskan dari semen sehingga menyebabkan adanya rongga pada semen dan membuat berkurangnya nilai dari *shear bond strength* (Topan, 2013).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan dari hasil penelitian penambahan variasi konsentrasi CMC serbuk kayu meranti pada semen kelas G sampai 1,5% terjadi kenaikan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*. Nilai optimum yang didapat pada penambahan variasi konsentrasi CMC serbuk kayu meranti yaitu 1,5%. Sedangkan pada konsentrasi CMC serbuk kayu meranti 2% terjadi penurunan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*.
2. Berdasarkan dari hasil penelitian menunjukkan nilai *compressive strength* optimum yang diperoleh pada variasi konsentrasi 1,5% sebesar 2329,3303 psi. Dan untuk nilai *shear bond strength* optimum yang diperoleh juga pada variasi konsentrasi 1,5% yaitu sebesar 346,5431 psi.

#### 5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat penulis berikan dari hasil penelitian tugas akhir ini yaitu untuk membandingkan nilai dari *compressive strength* dan *shear bond strength* dari CMC serbuk kayu meranti terhadap CMC industri ataupun CMC dari bahan-bahan yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allo, D.T.P, Zakir, M., & La Nafie, N. (2014). Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea parvifolia Dyer*) Sebagai Biosorben Ion Logam Cu(II). *Indonesia Chimica Acta*, 1–14.
- American Petroleum Institute. (2002). *Specification for Cements and Materials for Well Cementing Twenty-third Edition. API Specification 10A*.
- Badan Pusat Statistik. (2016). Statistik Produksi Kehutanan 2016.
- Bourgoyne Jr., A.T., Chenevert, M.E., Milheim, K.K. and Young Jr., F.S.. (1986). Applied Drilling Engineering. *SPE, USA*, 85–103.
- Farouge. (2010). *Effect Of Chrboxymethyl Cellulose On The Properties of Ordinary Porland Cement*.
- Haris, Muhammad. (2019). Pengaruh *Additive* dari CMC Batang Pisang Nangka dan Pisang Batu terhadap *Filtration Loss* dan *Compressive Strength* pada Semen Pemboran. Pekanbaru : Universitas Islam Riau.
- Hastuti, F.W., & Indriana, K. (2015). Pembuatan *Carboxymethyl Cellulose (CMC)* dari batang pohon pisang (*Musa acuminata*) dengan proses alkalisasi dan karboksimetilasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Herawati, I., Rita, N., & Hermansyah. (2017). Studi Laboratorium Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Untuk Peningkatan *Strength* Semen Pemboran. *Jurnal Teknologi Minyak Dan Gas Bumi*, 14(2), 47–54.
- Hong, K.M. (2013). *Preparation And Characterization Of CarboxyMethyl Cellulose From Sugarcane Bagasse*.
- Kamal, N. (2010). Pengaruh Bahan Aditif CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) terhadap beberapa Parameter pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknologi*, 1(17), 78–85.
- Kelco, C. (2009). *World's Leading Hydrocolloid Solutions Provider. CMC Book*.
- Martha, B., Zabidi, L., & Satiawati, L. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan *Lignosulfonate* Pada *Compressive Strength* Dan *Thickening Time* Pada Semen Pemboran Kelas G. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4(4), 248–253. <https://doi.org/10.25105/petro.v4i4.289>



- Mishra, P. C., Singh, V. K., Narang, K. K., & Singh, N. K. (2003). *Effect of carboxymethyl-cellulose on the properties of cement. Materials Science and Engineering A*, 357(1–2), 13–19. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(02\)00832-8](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(02)00832-8)
- Mursyidah, Novrianti, Novriansyah, A., & Prasetya Utama, T. (2017). A study of cement additive from varied heating temperature of coconut shell charcoal to increase cement strength. *MATEC Web of Conferences*, 101. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710103005>
- Novrianti. (2016). 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.
- Praptoyo, H. (2010). Variasi Sifat Anatomi Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula*) pada 3 Klas Diameter Yang Berbeda. 89–96.
- 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.
- Roshan, H., & Asef, M.R. (2010). Characteristics of Oilwell Cement Slurry Using CMC. *SPE Drilling & Completion*, 25(03), 328–335. <https://doi.org/10.2118/114246-pa>
- Rubiandini, R. (2010). *Teori Umum Semen Dan Penyemenan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Samura, L., Zabidi, L., & Ainurridha, K.A. (2017). Pengujian *Compressive Strength* Dan *Thickening Time* Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif *Retader*. *Jurnal Petro* 6(2): 49–54.
- Sari, I.T., Dewi, R.U., & Hengky. (2009). *Pembuatan Asap Cair dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Meranti sebagai Penghilang Bau Lateks*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. (Online). No.1, Vol.16, Januari 2009.
- Sayed, M., El-Maghraby, H. F., Bondioli, F., & Naga, S. M. (2018). *3D carboxymethyl cellulose/hydroxyapatite (CMC/HA) scaffold composites based on recycled eggshell*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(3), 23–

30. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.8304>

Setiyono. (2004). *Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Industri Kecil*.  
Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta

Topan, H. (2013). Pemanfaatan Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Light Weight Additive Semen Pemboran. In *Jurnal Ilmu Kebumihan "TEKNOLOGI MINERAL" Vol. 24, No. 4, September-Desember 2011* (Vol. 24, Issue 4, p. 91).

Wijayani, A., Ummah, K., & Tjahjani, S. (2005). *Characterization of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) from Eichornia crassipes (Mart) Solms. Indonesian Journal of Chemistry*, 5(3), 228–231. <https://doi.org/10.22146/ijc.21795>

