

***ADDITIVE ACCELERATOR DARI CANGKANG TELUR
(GALLUS-GALLUS) YANG DIREAKSI MENJADI SENYAWA
CALCIUM CHLORIDE (CaCl₂) TERHADAP THICKENING TIME,
COMPRESSIVE STRENGTH DAN SHEAR BOND STRENGTH
SEMEN PEMBORAN***

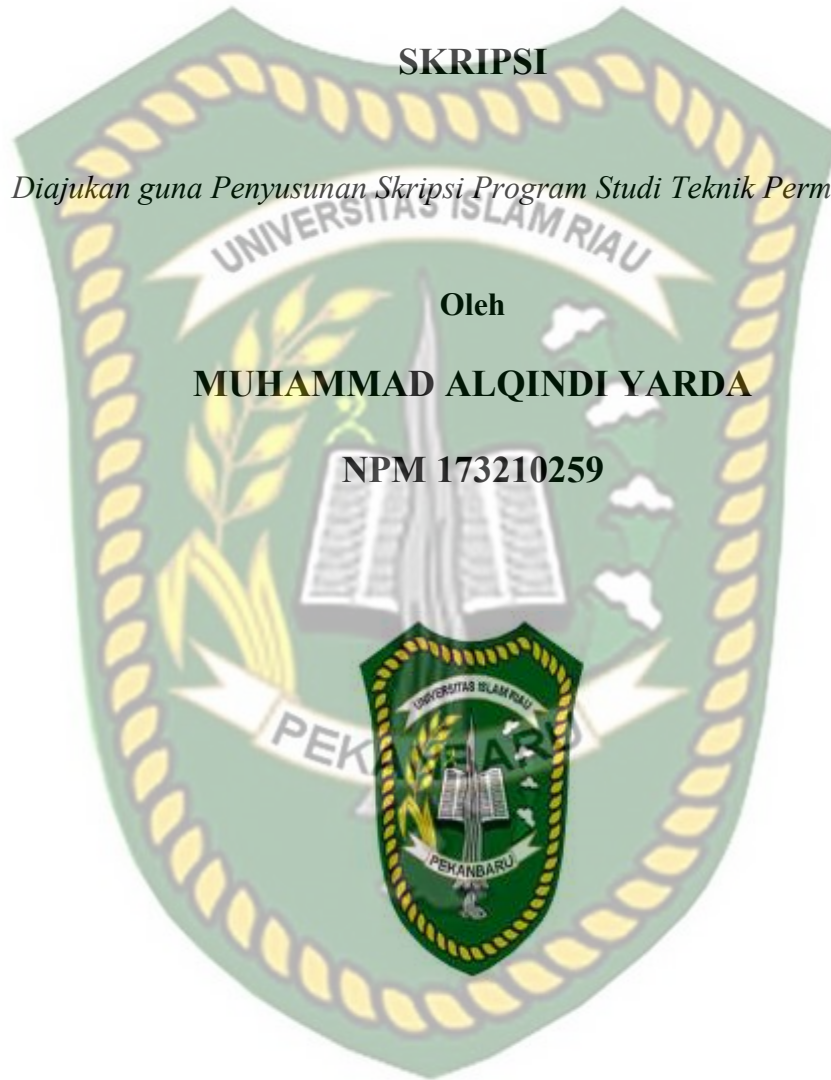
SKRIPSI

Diajukan guna Penyusunan Skripsi Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

MUHAMMAD ALQINDI YARDA

NPM 173210259



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

***ADDITIVE ACCELERATOR DARI CANGKANG TELUR
(GALLUS-GALLUS) YANG DIREAKSI MENJADI SENYAWA
CALCIUM CHLORIDE (CaCl₂) TERHADAP THICKENING TIME,
COMPRESSIVE STRENGTH DAN SHEAR BOND STRENGTH
SEMEN PEMBORAN***

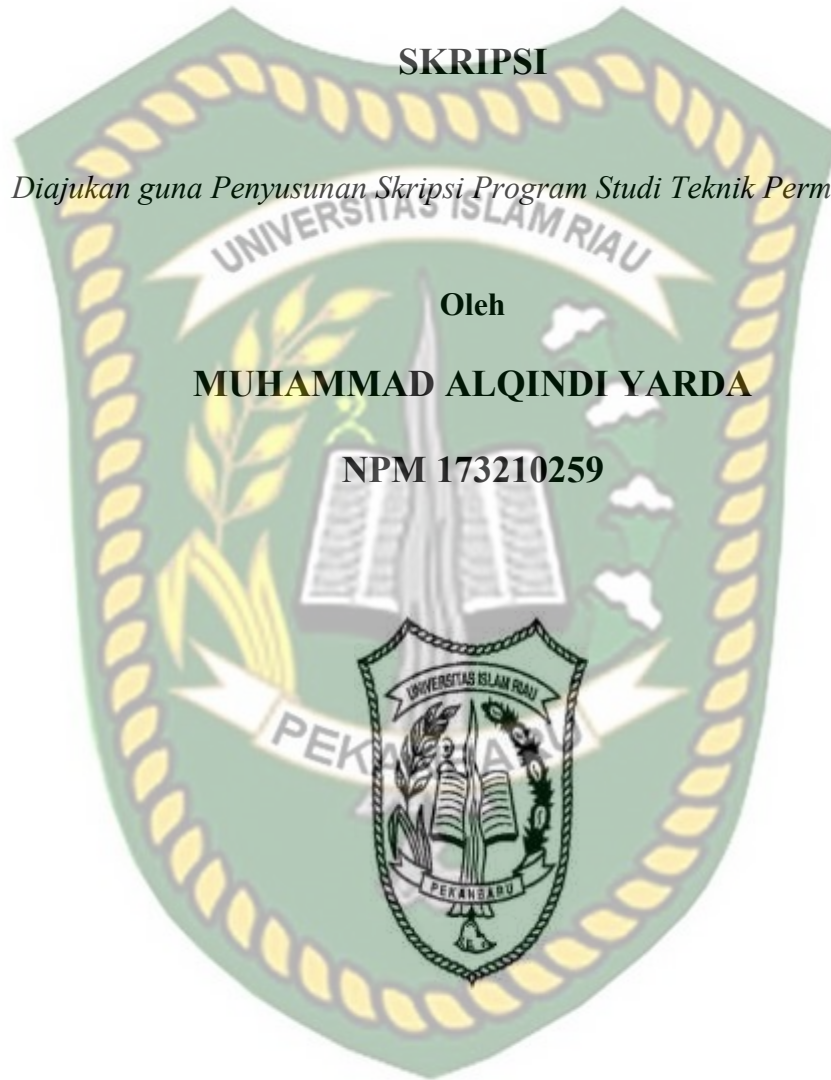
SKRIPSI

Diajukan guna Penyusunan Skripsi Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

MUHAMMAD ALQINDI YARDA

NPM 173210259



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Alqindi Yarda

NPM : 173210259

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : *Additive Accelerator* dari Cangkang Telur (*Gallus-gallus*) yang Direaksi Menjadi Senyawa Kalsium Klorida (CaCl_2) Terhadap *Thickening time*, *Compressive Strength* dan *Shear Bond Strength* Semen Pemboran

Telah berhasil dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Idham Khalid, S.T.,M.T.

(.....)

Penguji I : Dike Fitriansyah Putra, S.T.,M.Sc.,MBA.

(.....)

Penguji II : Novrianti, S.T.,M.T.

(.....)

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 27 Mei 2022

Disahkan Oleh :

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN

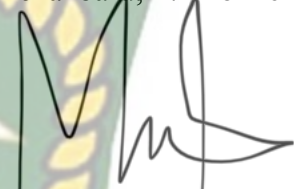


Novia Rita, S.T.,M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan 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 dicabut gelar dan ijazah jika ditemukan pemalsuan data atau plagiat dari penulis lain.

Pekanbaru, 27 Mei 2022



Muhammad Alqindi Yarda

NPM: 173210259



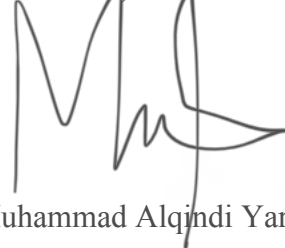
KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanahu Wata'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. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Idham Khalid, S.T.,M.T. Asisten Ahli Program Studi Teknik Perminyakan. Selaku dosen pembimbing skripsi saya, sedari awal menyusun skripsi hingga selesainya skripsi ini yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan arahan maupun nasihat selama perkuliahan di Teknik Perminyakan UIR.
2. Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau, yang telah menyediakan sarana serta prasarana guna mendukung keberhasilan penelitian skripsi ini.
3. Seluruh dosen-dosen Teknik Perminyakan Univeristas Islam Riau yang telah memberikan arahan dan membantu kelancaran akademik.
4. Kedua orang tua dan abang-abang saya yang sangat saya sayangi yang telah memberi dukungan penuh moral dan material
5. Sahabat saya Hanna Soraya dan Diyana Surya Puspita yang memberi semangat tiada henti selama skripsi ini
6. Teman-teman angkatan 2017 para pejuang ST (Calon Sarjana E17)

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, 27 Mei 2022



Muhammad Alqindi Yarda

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. <i>Accelerator</i>	4
2.2. Cangkang Telur	4
2.3. <i>Calcium Carbonate</i> (CaCO ₃).....	5
2.4. <i>Calcium Chloride</i> (CaCl ₂).....	6
2.5. Semen Pemboran	7
2.5.1. Fungsi Penyemenan	8
2.5.2. Komposisi Bubur Semen	8
2.6. <i>Thickening Time</i>	12
2.7. <i>Compressive Strength</i> dan <i>Shear Bond Strength</i>	12
2.8. <i>State Of The Art</i>	13
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1. Metodologi Penelitian dan Lokasi Penelitian	17
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	18
3.3. Alat dan Bahan	19
3.3.1. Alat.....	19
3.3.2. Bahan	23
3.4. Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1. Persiapan Bahan (<i>pretreatment</i>)	24
3.4.2. Proses pembuatan HCl 1M 250 ml.....	25
3.4.3. Proses Mereaksikan Cangkang Telur dengan Asam Klorida (HCl) 1M ...	25
3.4.4. Pembuatan suspensi semen dan Cetakan sampel.....	28
3.4.5. Pengujian <i>Thickening time</i>	30
3.4.6. Pengujian <i>Compressive Strength</i>	31
3.4.7. Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>	32
3.5. Jadwal Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Pengujian <i>Thickening Time</i>	38
4.2. Pengujian <i>Compressive Strength</i>	40
4.3. Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. KESIMPULAN	44
5.2 SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	18
Gambar 3.2 proses pengeringan cangkang telur.....	24
Gambar 3.3 Proses Penghalusan Cangkang Telur.....	24
Gambar 3.4 Hasil Ayakan cangkang telur.....	25
Gambar 3.5 Memasukan 30 gr bubuk cangkang telur.....	26
Gambar 3.6 Proses reaksi antara cangkang telur dengan HCl 1M.....	26
Gambar 3.7 Proses Pemanasan Larutan.....	27
Gambar 3.8 Proses Penyaringan larutan.....	27
Gambar 3.9 Hasil Saringan Dikeringkan.....	27
Gambar 3.10 proses penimbangan 350 gr semen portland.....	28
Gambar 3.11 proses penimbangan CaCl ₂ dari Cangkang Telur.....	28
Gambar 3.12 Proses Perendaman Sampel ke Dalam Waterbath.....	29
Gambar 3.13 Set Temperatur pada suhu 140oF.....	30
Gambar 3.14 Proses Pelepasan Sampel Dari Cetakan.....	31
Gambar 3.15 Proses Peletakan Sampel di Block Bearing.....	31
Gambar 3.16 Proses Pembukaan Plastik Pembungkus.....	32
Gambar 3.17 Peletakan Sampel Silinder.....	33
Gambar 4.2 Proses Pembuatan CaCl ₂ dari Limbah Cangkang Telur	37
Gambar 4.3 Grafik Nilai Pengujian Thickening Time Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ Cangkang Telur.....	38
Gambar 4.4 Grafik Nilai Pengujian Compresive Strength Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ dari Cangkang Telur	40
Gambar 4.5 Grafik Nilai Pengujian Shear Bond Strength Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ dari Cangkang Telur	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Semen Menurut API (T. P. Negara & Hamid, 2015).....	9
Tabel 2.2 Jenis additive dan fungsinya (Rheza, 2015).....	10
Tabel 2.3 State Of the Art.....	13
Tabel 3.1 Rencana jadwal penelitian.....	35
Tabel 4.1 Komposisi suspensi semen dasar tambah CaCl ₂ dari cangkang telur.....	37
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Thickening Time Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ Cangkang Telur.....	38
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Nilai Compressive Strength Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ dari Cangkang Telur	40
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai Shear Bond Strength Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl ₂ dari Cangkang Telur	42



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Larutan HCl 1M dalam 250 ml
LAMPIRAN II	Perhitungan BWOC (<i>by weight on cement</i>)
LAMPIRAN III	Perhitungan Volume Air
LAMPIRAN IV	Perhitungan <i>Thickening Time</i>
LAMPIRAN V	Perhitungan <i>Compressive Strength</i>
LAMPIRAN VI	Perhitungan <i>Shear Bond Strength</i>



DAFTAR SINGKATAN

API	<i>American Petroleum Institute</i>
M	Molaritas
HCl	Hidrogen Klorida
ml	Mililiter
NaOH	Natrium Hidroksida
V	Volume
CS	<i>Compressive Strength</i>
SBS	<i>Shear Bond Strength</i>
BWOC	<i>By Weigth Of Cement</i>
Psi	<i>Pound Per Square Inch</i>
MPa	Megapascal
WCR	<i>Water Cement Ratio</i>
m	massa



DAFTAR SIMBOL

k	Konstanta Faktor Koreksi
p	Pembebanan Maksimum
A_1	Luas Penampang Bidang Blok
A_2	Luas Penampang Bidang Sampel
%	Persen
r	Jari – jari
d	Diameter
h	Tinggi
V_1	Volume Awal
V_2	Volume Setelah Pengenceran
M_1	Molaritas Awal
M_2	Molaritas Setelah Pengenceran



**ADDITIVE ACCELERATOR DARI CANGKANG TELUR (*GALLUS-GALLUS*)
YANG DIREAKSI MENJADI SENYAWA *CALCIUM CHLORIDE* (CaCl_2)
TERHADAP *THICKENING TIME*, *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *SHEAR
BOND STRENGTH* SEMEN PEMBORAN**

MUHAMMAD ALQINDI YARDA

NPM : 173210259

ABSTRAK

Semen merupakan salah satu parameter penting dalam proses pemboran. Parameter keberhasilan sumur migas antara lain *thickening time*, *compressive strength* dan *shear bond strength* yang telah sesuai dengan standar penyemenan *American Petroleum Institute* (API). Menurut API nilai *thickening time* untuk mencapai consistency 100 BC (*Bearden Unit of Consistency*), nilai *compressive strength* minimum yang direkomendasikan API adalah 1000 psi sedangkan *shear bond strength* lebih dari 100 psi. Untuk mengetahui additif paling ideal dalam pengujian, maka perlu dilakukan variasi konsentrasi additif, pada penelitian ini konsentrasi additif terdiri dari 0%, 1%, 2% (CaCl_2 dari cangkang telur), 2% CaCl_2 (murni), dan 3%. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai *thickening time* paling ideal yaitu menggunakan konsentrasi 2% CaCl_2 dari cangkang telur yang memiliki waktu 125 menit, sedangkan nilai *thickening time* 2% CaCl_2 murni yaitu 119 menit, perbedaan waktu kedua additif ini tidak terlalu signifikan yaitu CaCl_2 murni lebih cepat 6 menit. Untuk pengujian *compressive strength* additif CaCl_2 dari cangkang telur dengan konsentrasi 2% memiliki nilai paling ideal yaitu sebesar 4784,49 psi, sedangkan nilai *compressive strength* CaCl_2 murni dengan konsentrasi 2% memiliki nilai 4706,37 psi. Pada pengujian *compressive strength* CaCl_2 dari cangkang telur memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan CaCl_2 murni yaitu sebesar 78,12 psi. Pada pengujian *shear bond strength* additif CaCl_2 dari cangkang telur dengan konsentrasi 2% memiliki nilai paling ideal yaitu sebesar 518,76 psi, sedangkan nilai *shear bond strength* CaCl_2 murni dengan konsentrasi 2% memiliki nilai 494,06 psi. Pada pengujian *shear bond strength* CaCl_2 dari cangkang telur memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan CaCl_2 murni yaitu sebesar 24,07 psi. Dari hasil pengujian additif CaCl_2 dari cangkang telur dapat disimpulkan bahwa, cangkang telur bisa dijadikan additif *accelerator* semen pemboran karena dapat mempercepat waktu pengerasan semen dan dapat menaikkan strength pada semen pemboran.

Kata kunci : *Accelerator*, Cangkang telur, *Thickening time*, *Compressive strength*, *Shear bond strength*.

**ADDITIVE ACCELERATOR FROM EGG SHELL (GALLUS-GALLUS) THAT
REACT TO BE COMPOUND CALCIUM CHLORIDE (CaCl₂) AGAINST
THICKENING TIME, COMPRESIVE STRENGTH AND SHEAR BOND
STRENGTH CEMENT DRILLING**

MUHAMMAD ALQINDI YARDA

NPM : 173210259

ABSTRACT

Cement is one of the important parameters in the drilling process. Parameters for the success of oil and gas wells include thickening time, compressive strength and shear bond strength which are in accordance with the cementing standards of the American Petroleum Institute (API). According to the API value of thicknessing time to achieve consistency of 100 BC (Bearden Unit of Consistency), the API recommended minimum compressive strength value is 1000 psi while the shear bond strength is more than 100 psi. To determine the most ideal additive in the test, it is necessary to vary the concentration of the additive, in this study the additive concentration consisted of 0%, 1%, 2% (CaCl₂ from eggshell), 2% CaCl₂ (pure), and 3%. The results of the research that have been carried out show that the most ideal thickening time value is using a concentration of 2% CaCl₂ from egg shells which has a time of 125 minutes, while the value of the thickening time of 2% pure CaCl₂ is 119 minutes, the time difference between these two additives is not too significant, namely pure CaCl₂. 6 minutes faster. For testing the compressive strength of CaCl₂ additive from eggshell with a concentration of 2% has the most ideal value of 4784.49 psi, while the compressive strength of pure CaCl₂ with a concentration of 2% has a value of 4706.37 psi. In testing the compressive strength of CaCl₂ from egg shells, it has a higher value than pure CaCl₂, which is 78.12 psi. in testing the shear bond strength of CaCl₂ from eggshell with a concentration of 2% has the most ideal value of 518.76 psi, while the value of pure CaCl₂ shear bond strength with a concentration of 2% has a value of 494.06 psi. in testing the shear bond strength of CaCl₂ from eggshell has a higher value than pure CaCl₂ which is 24.07 psi. From the results of the CaCl₂ test from eggshells, it can be guaranteed that eggshells can be used as a drilling additive accelerator because it can speed up the cement hardening time and can increase the strength of the drilling cement.

Keywords : Accelerator, Egg shell, Thickening Time, Compressive strength, Shear Bond Strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Faktor yang berpengaruh pada kualitas konstruksi lubang sumur adalah cara pengolahan kualitas semen yang akan digunakan. Untuk memenuhi syarat-syarat tersebut maka perlu dilakukan penelitian di laboratorium guna mengetahui komposisi dan sifat fisik semen, dengan menggunakan semen yang sesuai dengan karakteristik pada sumur diharapkan konstruksi sumur dapat bertahan lebih lama (Haris, 2019). Sebelum melakukan proses penyemenan, melakukan terlebih dahulu perancangan untuk komposisi bubuk semen. Ada beberapa komponen utama dalam perancangan bubuk semen meliputi : bubuk semen, air dan *additive* yang berguna sebagai campuran atau bahan tambah yang berperan untuk mengontrol sifat pada bubuk semen (Negara & Hamid, 2015)

Operasi penyemenan (*cementing job*) memiliki tujuan untuk menempelkan casing pada dinding lubang sumur, sewaktu operasi pemboran semen juga dapat melindungi casing dari masalah mekanis, agar dapat menyokong casing dan rangkaian yang berada di permukaan lainnya dan untuk menahan tekanan formasi, maka nilai *thickening time*, *compressive strength* dan *shear bond strength* semen yang dihasilkan harus sesuai dengan standar API (Novrianti, 2016). Mengingat pentingnya kualitas penyemenan maka harus memenuhi standar dan ketentuan yang berlaku. Apabila hasil dari kualitas pada saat penyemenan tidak baik maka semen tidak dapat menjalankan fungsi sebagaimana mestinya, (Yazid et al., 2016).

Ada beberapa *additive* untuk campuran semen pemboran, salah satunya yaitu *Accelerator*. *accelerator* berguna untuk mempercepat proses pengerasan pada suspensi semen, mengimbangi *additive* lain agar proses pengerasan pada semen tidak tertunda, mempersingkat waktu *waiting on cement* (WOC) dan dapat mempercepat naiknya *strength* semen. *Accelerator* biasanya digunakan pada sumur dengan temperatur dan tekanan yang rendah, *additive* yang termasuk kedalam *Accelerator* adalah *calcium*

chloride (CaCl_2), natrium *chloride* (NaCl), natrium nitrat (NaNO_3) dan air laut (Rheza, 2015).

Saat ini masyarakat Indonesia menjadikan telur sebagai makanan yang paling banyak dikonsumsi. Selain untuk dikonsumsi telur juga digunakan sebagai bahan utama untuk membuat berbagai macam bahan makanan, sehingga limbah dari cangkang telur semakin hari semakin meningkat. Maka dari itu perlu dilakukannya pemanfaatan limbah cangkang telur agar memiliki nilai tambah (Rafika, 2018). Cangkang telur memiliki kandungan yang terdiri dari 97% *calcium carbonate* (CaCO_3), selebihnya fosfor, magnesium, natrium, kalium (Khotimah, 2019). Kalsium karbonat merupakan sumber utama pembuatan *calcium chloride* (CaCl_2) caranya dengan mereaksikan *calcium carbonate* dengan asam klorida (HCl) (Ikhwan, 2017).

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui apakah cangkang telur bisa dijadikan bahan *additive accelerator* pada semen pemboran
2. Menganalisis pengaruh penambahan *additive* kalsium klorida dari limbah cangkang telur terhadap pengujian *thickening time*, *compressive strength* dan *shear bond strength* pada semen pemboran dan Menentukan jumlah kalsium klorida yang ideal agar dapat digunakan sebagai *additive accelerator* semen
3. Membandingkan penambahan *additive* kalsium klorida dari cangkang telur dengan kalsium klorida murni

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil riset diharapkan dapat menambah produk atau bahan additif *accelerator* semen pemboran sebagai mempercepat proses pengerasan semen dan menambah *strength* pada semen pemboran

2. Memberikan informasi yang dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya dalam membahas bahan alternatif *accelerator* semen pemboran
3. Hasil penelitian dapat dijadikan paper atau karya ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional maupun internasional

1.4. Batasan Masalah

Agar penulisan proposal tugas akhir ini lebih terarah, maka dalam penelitian ini penulis memfokuskan pada pengujian senyawa *calcium chloride* (CaCl_2) dari limbah cangkang telur sebagai *additive accelerator* semen pemboran, dengan melakukan pengujian *thickening time*, *compressive strength* dan *shear bond strength*. Maka dari itu untuk mencari additif yang optimal perlu melakukan perbandingan antara bahan kimia teknis dengan bahan kimia pro analis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Accelerator

Additive semen atau bahan tambahan merupakan material-material yang ditambahkan pada suspensi semen guna memenuhi syarat-syarat yang diinginkan dan memberikan variasi yang lebih luas pada sifat-sifat suspensi semen. *additive* tersebut berupa bubuk yang dapat dicampur kedalam semen, sebelum melakukan pengadukan dengan air. Kuantitatif *additive* suspensi semen dinyatakan dalam persen berat bubuk semen % BWOC (*by weight on cement*) (Negara & Hamid, 2015).

Accelerator merupakan *additive* yang berguna untuk mempercepat proses pengerasan semen, dapat mempersingkat waktu WOC (*waiting on cement*) serta dapat mempercepat naiknya *strength* semen dan mengimbangi *additive* lain agar proses pengerasan pada suspensi semen tidak tertunda. *Accelerator* biasanya digunakan pada sumur dengan temperatur dan tekanan yang rendah, serta untuk mencapai target tidak terlalu panjang (Rheza, 2015).

Penggunaan *accelerator* dapat menjadikan kekuatan awal semen dasar dapat dipercepat, dalam rentan waktu 4 jam maka kekuatan 500 psi untuk *strength* suspensi semen dapat tercapai. Semen dapat mengikat dengan sempurna terhadap casing bisa menggunakan *Strength* dengan kekuatan 500 psi, sehingga pelaksanaan kegiatan selanjutnya dapat dilakukan dengan lancar. *Additive* termasuk kedalam *accelerator* adalah *calcium chloride* (CaCl_2), *sodium chloride* (NaCl), *gypsum* (Ca_2SO_4), *sodium silicate* (Na_2SiO_3), *potassium chloride* (KCl), dan air laut (Negara & Hamid, 2015).

2.2. Cangkang Telur

Telur merupakan lauk yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, selain mempunyai gizi yang tinggi juga harganya terjangkau dan banyak dijumpai (Mahreni et al., 2012). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, Produksi telur unggas (*Gallus gallus*) di Indonesia mencapai 5,16 juta ton dan sebesar 10% bagian telur merupakan cangkang telur, sehingga dalam satu tahun jumlah cangkang telur unggas di seluruh Indonesia diperkirakan 516.000 ton, sampai saat ini cangkang telur unggas

di Indonesia masih menjadi limbah yang berpotensi menyebabkan polusi karena aktivitas mikroba dilingkungan, di sebabkan belum adanya pengolahan dari limbah telur unggas tersebut (Yonata et al., 2017).

Cangkang telur merupakan salah satu sumber kalsium karbonat (CaCO_3) yang paling besar. Cangkang telur memiliki kandungan 97% kalsium karbonat (CaCO_3), sisanya fosfor, magnesium, natrium, kalium. Cangkang telur juga mengandung garam organik sebesar 95,1% , bahan organik 3,3% dan 1,6% air. Komponen utama dari garam organik pada cangkang telur didominasi kandungan *calcium carbonate* (CaCO_3) sebesar 98,5% dengan kalsium fosfat dan magnesium karbonat masing-masing mengandung komposisi sebesar 0,7% (Khotimah, 2019).

Cangkang telur (CaCO_3) merupakan sumber utama untuk mendapatkan kalsium (Ca). kalsium tersebut didapatkan dengan cara mereaksikan kalsium karbonat (CaCO_3) dengan senyawa HCl agar terbentuk senyawa kalsium klorida (CaCl_2) (Zulkifly R dkk, 2019) Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dijabarkan sebagai berikut :

Kalsium Karbonat + Asam Klorida \rightarrow Kalsium Klorida + Air + Karbon Dioksida

2.3. *Calcium Carbonate* (CaCO_3)

Calcium carbonate (CaCO_3) merupakan senyawa yang terdapat dalam batuan kapur dalam jumlah yang besar. *Calcium carbonate* (CaCO_3) menjadi sumber utama pembuatan senyawa *calcium* terbesar secara komersial, Senyawa ini merupakan mineral paling sederhana yang tidak mengandung silikon. Umumnya batuan yang termasuk jenis mineral ini terbentuk pada perairan laut dangkal dan temperatur hangat, dimana sinar matahari masih bisa menembus kedalam air. Di danau air tawar karbonat juga dapat diendapkan. Jika kalsium karbonat (CaCO_3) bercampur dengan air panas dan mencapai permukaan bumi (pada mata air panas), maka air campuran tersebut akan menguap sehingga menjadi sebuah produk berupa mineral kalsit (Indah, 2020).

Bahan campuran bubuk semen adalah kalsium karbonat (CaCO_3) yang berupa batu kapur. Kalsium karbonat adalah senyawa kimia dengan formula CaCO_3 . Merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua bagian dunia dan merupakan komponen utama organisme laut, seperti siput laut, mutiara, kulit telur dan kerang. Sifat kalsium karbonat yaitu cepat mengeras serta memberikan kekuatan yang mengikat. maka dari itu kalsium karbonat (CaCO_3) banyak digunakan di beberapa industri konstruksi seperti mortar, plasteran, pembuatan kawat dan keramik (Nugraha, 2019).

Calcium carbonate (CaCO_3) memiliki sifat fisis seperti morfologi, fase, ukuran. Ukuran distribusi harus dimodifikasi menurut bidang pengaplikasiannya. Bentuk morfologi kalsium karbonat (CaCO_3) terkait dengan kondisi sintesis seperti konsentrasi reaktan, suhu, waktu aging dan zat *additive* alam. Kalsit (CaCO_3) merupakan fase yang paling stabil dan banyak digunakan dalam industri cat, industri tekstil, detergen, dan plastik (Noviyanti¹, Jasruddin, 2013). Mineral kalsit (CaCO_3) berwarna putih mengkilap, kuning, kuning kecoklatan dan putih *cream* (Indah, 2020).

2.4. *Calcium Chloride* (CaCl_2)

Kalsium klorida merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia CaCl_2 berupa padatan Kristal yang tidak berwarna pada suhu kamar dan sangat larut dalam air. *Calcium* memiliki nomor atom 20 dan merupakan unsur kimia yang bersimbolkan Ca. Salah satu manfaat *calcium* terdapat pada senyawa *calcium chloride* (CaCl_2). *Calcium* berbentuk putih keperakan dan merupakan unsur kelima yang paling berlimpah dalam kerak bumi. *Chloride* memiliki nomor atom 17 dan merupakan unsur kimia yang bersimbolkan Cl. Unsur ini berwujud gas yang berwarna kuning kehijauan, Senyawa ini merupakan halogen kedua paling ringan yang berada diantara flur dan bromin. (Alfionita & Zainul, 2019).

Salah satu sumber pembuatan kalsium klorida (CaCl_2) adalah cangkang telur. Sebab utama cangkang telur dijadikan pembuatan kalsium klorida karena kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang sangat tinggi. Kalsium klorida (CaCl_2) dihasilkan dengan mereaksikan antara cangkang telur dengan asam klorida (HCl). Pada saat

cangkang telur bereaksi maka CO₂ yang terdapat didalam larutan tersebut akan keluar, ditandai dengan munculnya gelembung (Ikhwan, 2017).

2.5. Semen Pemboran

Penyemenan (*cementing*) merupakan suatu proses pencampuran (*mixing*) dan pendesakan (*displacement*) bubur semen (*slurry*) melalui casing dan bubur semen tersebut mengalir keatas melewati annulus di belakang casing sehingga casing menempel dengan dinding sumur (Ramadhan et al., 2018). Operasi penyemenan merupakan salah satu aspek paling penting dalam kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi yang bertujuan untuk melekatkan casing pada dinding lubang sumur, melindungi casing dari masalah-masalah mekanis pada saat melakukan operasi pengeboran berlangsung, melindungi casing dari fluida formasi yang bersifat korosif dan sebagai pemisah antar lapisan formasi di belakang casing (Novrianti, 2016b).

Salah satu fase minyak yang paling sulit dan mahal adalah pekerjaan penyemenan. Karna akan menyebabkan kerugian yang besar apabila tidak dilakukan dengan teliti. Semen diinjeksikan kedalam lubang sumur untuk mengisi ruang annulus antara casing dan formasi batuan sekitarnya. Memberikan integrasi struktural ke lubang sumur untuk menahan casing dari tekanan formasi dan melindungi casing. Pekerjaan penyemenan yang efektif dapat menjamin jangka panjang umur produksi sumur dan mengurangi operasional masalah dan biaya pengerjaan masa depan (Moradi & Nikolaev, 2016).

Dalam operasi penyemenan hal terpenting dilakukan yaitu menentukan formulasi pada bubur semen, bubur semen harus dirancang sesuai dengan karakteristik sumur dan harus diuji kelayakannya sebelum digunakan pada kegiatan penyemenan. Diharapkan perancangan bubur semen sesuai dengan kondisi sumur yang menjadi target dilakukan penyemenan (Rheza, 2015). Ada tiga komponen utama dalam perancangan bubur semen yaitu bubuk semen, air, dan *additive*. Fungsi *additive* sebagai bahan campuran tambahan yang bekerja mengontrol sifat dari bubur semen (Huda et al., 2018).

2.5.1. Fungsi Penyemenan

Secara umum tujuan dilakukanya operasi penyemenan pada casing sumur-sumur minyak, gas bumi dan panas bumi adalah :

- a. Melekatkan casing dengan formasi batuan, supaya casing lebih kokoh dan kuat sehingga casing berfungsi dengan sempurna.
- b. Berfungsi untuk melindungi casing dari tekanan dan temperatur formasi pada saat operasi pengeboran.
- c. Berfungsi untuk melindungi casing dari fluida yang bersifat korosif.
- d. Berfungsi untuk Memisahkan zona-zona antar lapisan yang berbeda
- e. Berfungsi untuk memperbaiki casing yang retak atau bocor akibat korosi
- f. Berfungsi untuk mengisolasi formasi yang tidak produktif dengan lubang sumur
- g. Menutup zona *lost circulation* atau zona dengan tekanan tinggi. (Huda et al., 2018)

2.5.2. Komposisi Bubur Semen

Bubur semen harus dirangcang sesuai karakteristik kondisi formasi yang akan dilakukan kegiatan penyemenan. Pembuatan bubur semen dapat dilakukan dengan pencampuran fasa cair, bubuk semen, dan *additive* yang di sesuaikan dengan program kegiatan penyemenan yang akan dilakukan (Rheza, 2015).

2.5.2.1. Fasa Cair

Fasa cair berfungsi sebagai media agar bubuk semen saling berkaitan (*bonding*), pada umumnya yang digunakan untuk fasa cair pencampuran semen yaitu air, namun ada juga yang menggunakan minyak sebagai fasa cairnya penggunaan minyak tersebut dapat dilakukan untuk semen yang memiliki sifat khusus dan berbeda dari semen lainnya (Rheza, 2015).

2.5.2.2. Bubuk Semen

Bubuk semen mempunyai sifat mengikat yang berupa material padatan. Setiap sak semen umumnya memiliki berat sekitar 94 lbs. pengklasifikasian semen menurut

American Petroleum Institute (API) ada beberapa kelas, fungsi dari pengklasifikasian ini yaitu untuk mendapatkan sifat-sifat semen yang sesuai dengan karakteristik pada lubang sumur, ada beberapa karakteristik sumur yang meliputi : tekanan, kandungan di dalam fluida formasi, temperatur, dan kedalaman sumur (Negara & Hamid, 2015).

Tabel 2.1 Klasifikasi Semen Menurut API (T. P. Negara & Hamid, 2015)

API Kelas Semen	Penggunaan
Kelas A	Semen ini tersedia dalam tipe <i>ordinary</i> (O) yang digunakan pada kondisi normal pada temperatur 80°C dengan kedalaman dari permukaan sampai 6000 ft (1830 m)
Kelas B	Semen ini digunakan dengan kondisi tahan terhadap sulfat (<i>sulfat resistant</i>) dari sedang sampai tinggi dengan kedalaman sampai 6000ft
Kelas C	Semen ini digunakan untuk kondisi tahan terhadap tekanan tinggi (<i>high strength</i>) dengan kedalaman sampai 6000 ft
Kelas D	Semen ini digunakan pada kondisi tekanan dan temperatur yang cukup tinggi (<i>moderately high</i>) dari 130 sampai 145°C, semen memiliki tipe regular dan tahan terhadap sulfat tinggi dengan kedalaman dari 6000 ft sampai 10.000 ft
Kelas E	Semen ini digunakan pada kondisi temperatur dan tekanan yang tinggi dari 130°C sampai 145°C, semen ini memiliki tipe tahan terhadap sulfat sedang (<i>moderately sulfat resistant</i>) dan tahan terhadap sulfat tinggi (<i>high resistant</i>) dengan kedalaman dari 10.000 ft sampai 14.000 ft
Kelas F	Semen ini digunakan pada kondisi temperatur dan tekanan sangat tinggi dari 130°C sampai 160°C, semen ini memiliki tipe tahan terhadap sulfat sedang (<i>moderately sulfat resistant</i>)

	dan tahan terhadap sulfat tinggi (<i>high sulfat resistant</i>) dengan kedalaman dari 10.000 ft sampai 16.000 ft
Kelas G	Semen ini digunakan sebagai semen dasar (<i>basic cement</i>) dan dapat di tambahkan dengan <i>additive accelerator</i> dan <i>additive retarder</i> . Semen ini memiliki tipe tahan terhadap sulfat sedang (<i>moderately sulfat resistant</i>) dan tahan terhadap sulfat tinggi (<i>high sulfat resistant</i>) dengan kedalaman dari permukaan sampai 8000 ft
Kelas H	Semen ini digunakan sebagai semen dasar (<i>basic cement</i>), semen ini hanya memiliki satu tipe yaitu tahan terhadap sulfat sedang (<i>moderately sulfat resistant</i>) dengan kedalaman dari permukaan sampai 6000 ft

2.5.2.3. Additive

Additive adalah bahan tambahan yang dicampurkan kedalam bubuk semen, guna mendapatkan sifat-sifat bubuk semen yang sesuai dengan karakteristik dan kondisi formasi. *additive* yang digunakan dalam pencampuran kedalam bubuk semen seperti *accelerator*, *retardder*, *extender*, *weight agent*, *dispersant*, *fluid loss control*, *lost circulation agents* dan *antifoam* (Huda et al., 2018).

Tabel 2.2 Jenis additive dan fungsinya (Rheza, 2015)

<i>Additive</i>	Kegunaan
<i>Acceleator</i>	<i>Additive</i> ini berfungsi untuk mempercepat pengerasan suspensi semen, mempersingkat waktu <i>waiting on cement</i> (WOC) dan dapat mempercepat naiknya <i>strength</i> serta mengimbangi <i>additive</i> lain supaya proses pengerasannya tidak tertunda, bahannya adalah CaCl, NaCl, <i>sodium</i>

	<i>silicate</i> (Na_2SiO_3), <i>gypsum</i> (CaSO_4) natrium nitrat (NaNO_3) dan air laut.
<i>Retarder</i>	<i>Additive</i> ini merupakan kebalikan dari <i>accelerator</i> yang berfungsi untuk memperlambat proses pengerasan suspensi semen, guna memberikan waktu terhadap bubuk semen untuk mencapai target atau kedalaman yang diinginkan
<i>Extender</i>	<i>Additive</i> yang berfungsi untuk menaikkan volume suspensi semen, yang berhubungan dengan mengurangi densitas suspensi semen, bahannya adalah <i>bentonite</i> , <i>attapulgit</i> , sodium silikat, <i>pozzolan</i> , <i>perlite</i> dan <i>gilsonite</i> .
<i>Weight agent</i>	<i>Additive</i> yang berfungsi menaikkan densitas suspensi semen, umumnya digunakan pada sumur yang mempunyai tekanan formasi yang tinggi, bahannya adalah <i>hemitite</i> , <i>ilmenite</i> , <i>barite</i> dan pasir.
<i>Dispersant</i>	<i>Additive</i> yang berfungsi mengurangi viskositas suspensi semen, bahan dasarnya adalah: <i>polynaphthalene sulfonate</i>
<i>Lost circulation control agents</i>	<i>Additive</i> ini berfungsi untuk mengontrol hilangnya cairan suspensi semen kedalam formasi yang berpori atau formasi yang lemah, bahannya meliputi: <i>gypsum</i> , <i>gilsonite</i> , <i>bentonite</i> , <i>nut shell</i> dan <i>cellophane flakes</i>
<i>Fluid loss control agents</i>	<i>Additive</i> ini berfungsi mencegah terjadinya proses filtrasi, yaitu hilangnya cairan pada suspensi semen yang masuk kedalam formasi permeable, bahannya meliputi: CMHEC, latex dan polymer
<i>Antifoam</i>	<i>Additive</i> ini berfungsi untuk menghilangkan serta mengendalikan gelembung udara (<i>bubble</i>) terhadap bubuk

	semen dengan cara merubah tegangan permukaan (<i>surface tension</i>) agar bubur semen menjadi lebih sempurna, bahannya meliputi <i>polyglycol</i>
--	--

2.6. *Thickening Time*

Thickening time merupakan waktu yang diperlukan suspensi semen untuk mencapai konsistensi sebesar 100 UC (*unit of consistency*), menurut standar API konsistensi dengan besar 100 UC adalah batasan bagi suspensi semen masih bisa dipompakan lagi. Meskipun API menerapkan 100 UC sebagai batas *thickening time*, biasanya 70 UC merupakan kekentalan maksimum yang masih dapat dipompakan, dalam proses penyemenan biasanya untuk lebih aman digunakan pada waktu penyemenan 50% dari *thickening time*. Jika pemompaan suspensi semen lebih besar dari *thickening time* akan menyebabkan semen mengeras sebelum mencapai kedalaman yang diinginkan dan akan menyebabkan pekerjaan selanjutnya akan tertunda. Maka dari itu pada saat pemompaan suspensi semen harus lebih kecil dari *thickening time* (Novrianti, Mursyidah, 2017).

Besarnya *thickening time* yang diperlukan tergantung dari kedalaman penyemenan. Volume bubur semen yang akan dipompakan serta jenis penyemenan, umumnya waktu untuk *thickening time* adalah 3 sampai 3,5 jam untuk penyemenan dengan kedalaman 6.000 ft sampai 18.000 ft. waktu tersebut sudah termasuk pembuatan bubur semen sampai pendesakan suspensi semen di anulus atau belakang casing, untuk operasi penyemenan yang lebih dalam di perlukan *additive* untuk memperlambat *thickening time* karna pada kedalaman tersebut memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi (Huda et al., 2018).

2.7. *Compressive Strength dan Shear Bond Strength*

Strength terhadap semen memiliki 2 bagian, yaitu *compressive strength* dan *shear bond strength*. *Compressive strength* merupakan kekuatan semen menahan tekanan dari arah horizontal yang berasal dari casing ataupun formasi pada lubang sumur.

Berbeda dengan *shear bond strength* merupakan kekuatan semen untuk menahan tekanan dari arah vertikal gunanya untuk menahan berat casing (Negara & Hamid, 2015).

Ada beberapa pengaruh dalam menentukan nilai *compressive strength* diantaranya: lama waktu pada saat pengondisian, kehalusan butiran semen dan *water cement ratio* (WCR). *Shear bond strength* terukur antara semen dengan dinding formasi dan semen dengan dinding casing. Saat mengukur *strength* semen, biasanya *compressive strength* yang paling sering diukur, sedangkan pengukuran *shear bond strength* jarang dilakukan. Nilai *compressive strength* 8 sampai 10 kali lebih besar daripada *shear bond strength* (Huda et al., 2018). Pada temperatur tinggi (100°C) akan terjadi gangguan pada *strength* semen yang dikenal dengan istilah “*strength retrogration*”. Hal ini dikarenakan oleh munculnya *Alpha Dicalcium Sillicate Hydrate* yang mengubah komposisi semen sehingga menyebabkan *strength* menurun bahkan tidak ada (Bagus Ichwan Martha, Lilik Zabidi, 2018).

2.8. State Of The Art

Peneliti mengambil beberapa contoh hasil penelitian sebelumnya sesuai dengan topik dan konsep yang hampir searah dengan penelitian saat ini, sebagai acuan ataupun panduan penelitian yang dilakukan saat ini.

Tabel 2.3 State Of the Art

No	Judul	Bahan	Hasil Penelitian
1	Pengaruh Penambahan <i>Additive</i> Kalsium Klorida (CaCl ₂) Dari Limbah Kulit Telur Terhadap Reaksi Pengerasan Semen (Ikhwan, 2017).	Limbah Cangkang Telur.	Pada saat penambahan <i>calcium chloride</i> (CaCl ₂) 2% pada masing masing <i>additive</i> , untuk CaCl ₂ didapatkan waktu ikat awal atau penetrasi minimal 15 sedangkan CaCl ₂ dari cangkang telur didapatkan penetrasi minimal 17. Maka dari itu perbedaan

			menggunakan CaCl_2 murni dengan CaCl_2 dari cangkang telur tidak begitu jauh.
2	Pengaruh Substitusi Parsial Semen Dengan Cangkang Telur Ayam Dan <i>Fly Ash</i> Pada Karakteristik Mortar Beton (Alim et al., 2017).	Limbah Cangkang Telur dan <i>Fly Ash</i> .	Reaksi panas hidrasi bisa dipercepat karena Kandungan oksida yang ada pada telur ayam, ditandai dengan menggunakan kadar cangkang telur ayam pada mortar beton 20% dan <i>fly ash</i> 10%, sebab semakin banyak limbah cangkang telur yang digunakan maka <i>setting time</i> akan lebih cepat
3	Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar (Syahwati & Wahyuni, 2019)	Limbah Cangkang Telur.	Kuat tekan mortar terbesar terjadi dengan nilai kuat tekan beton sebesar 13,49 MPa dengan penambahan cangkang telur sebanyak 12,5% untuk presentase kenaikan 22,04% kekuatan menggunakan mortar normal, penyerapan (absorpsi) mortar terbesar menggunakan penambahan 5% bubuk cangkang telur sedangkan absorpsi mortar terkecil menggunakan penambahan 12,5% bubuk cangkang telur. Dengan menambahkan bubuk dari limbah

			cangkang telur dapat meningkatkan kuat tekan mortar
4	Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton (Tumbel, 2020)	Limbah Cangkang Telur.	Dengan menambahkan air (FAS actual) terhadap serbuk cangkang telur maka akan menjadikan beton memiliki <i>workability</i> yang baik serta dengan penambahan air akan menjadikan nilai slump 75 sampai 100 mm pada setiap penambahan presentase bubuk cangkang telur, kuat tekan beton campuran bubuk cangkang telur terjadi penurunan berkisar 15,81% - 46,10% dari beton normal, dalam pengolahan cangkang telur menjadi serbuk perlu adanya perlakuan khusus agar cangkang telur lebih halus sehingga dapat menyatu dengan campuran beton.
5	Pengaruh Penambahan Accelator CaCl_2 , NaCl , dan NaNO_3 Sebagai <i>Additive</i> Semen Kelas B Terhadap <i>Thickening Time</i> , <i>Compressive Strength</i> , dan <i>Rheology</i> Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur	CaCl_2 , NaCl , NaNO_3 .	Dengan menambahkan <i>Accelerator calcium chloride</i> (CaCl_2), <i>natrium chloride</i> (NaCl), <i>natrium nitrat</i> (NaNO_3), <i>additive</i> yang paling efektif dalam mempercepat proses <i>thickening time</i> adalah <i>natrium nitrat</i> (NaNO_3), terbukti dari penambahan <i>accelerator</i> <i>natrium nitrat</i> (NaNO_3) sebanyak 2% dan

	(BHCT) di Laboratorium Pemboran dan Produksi Universitas Trisakti (M. Rheza M.Y.Agam, Bayu Satyawira, 2015).		menghasilkan <i>thickening time</i> yang paling cepat yaitu 97 menit/5 mm.
--	--	--	--

Dilihat dari penelitian terdahulu, sudah ada yang memanfaatkan limbah cangkang telur. Ada yang memanfaatkan sebagai *additive* pengerasan semen, *additive* untuk memperkuat komposisi semen, dan limbah cangkang telur ini juga bisa menjadi senyawa kalsium klorida (CaCl_2) dengan cara mereaksikan dengan asam klorida (HCl), karna cangkang telur memiliki kandungan 97% kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi. Ada banyak kegunaan dari kalsium karbonat (CaCO_3) salah satunya di industri manufaktur yaitu bahan utama dalam pembuatan semen. Kalsium karbonat (CaCO_3) yang terkandung di dalam cangkang telur harus direaksikan terlebih dahulu sehingga mendapatkan senyawa kalsium klorida (CaCl_2). Kalsium klorida (CaCl_2) merupakan *additive* semen pemboran yaitu *accelerator*. Fungsi dari *accelerator* yaitu mempercepat pengerasan semen dan menaikkan *strength* semen pemboran,

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian dan Lokasi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan sekumpulan kegiatan , peraturan serta prosedur yang dipakai oleh peneliti suatu disiplin ilmu. Penelitian merupakan upaya untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan upaya untuk mendapatkan penemuan yang baru, yang digunakan untuk membuktikan, mengembangkan dan menemukan. Metode *Research and Development* (R&D) merupakan metode penelitian yang berguna untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan melakukan menguji keefektifan atau kelayakan produk yang di hasilakan tersebut (Hanafi, 2017).

Pada penelitian ini, peneliti ingin melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Pemboran dan Laboratorium dasar Universitas Islam Riau dengan menggunakan metode *Research and Development*. Peneliti menggunakan limbah cangkang telur sebagai bahan baku utama yang digunakan untuk mempercepat pengerasan dan memperkuat suspensi semen dalam kegiatan pemboran.

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.3. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu :

3.3.1. Alat



1. *Atmospheric Consistometer*



2. *Hydraulic Press*



3. *Timbangan Digital*



4. *Hot Plate Magnetic Stirrer*



5. Mixer



6. Wadah Mixer



7. Cetakan Kubik



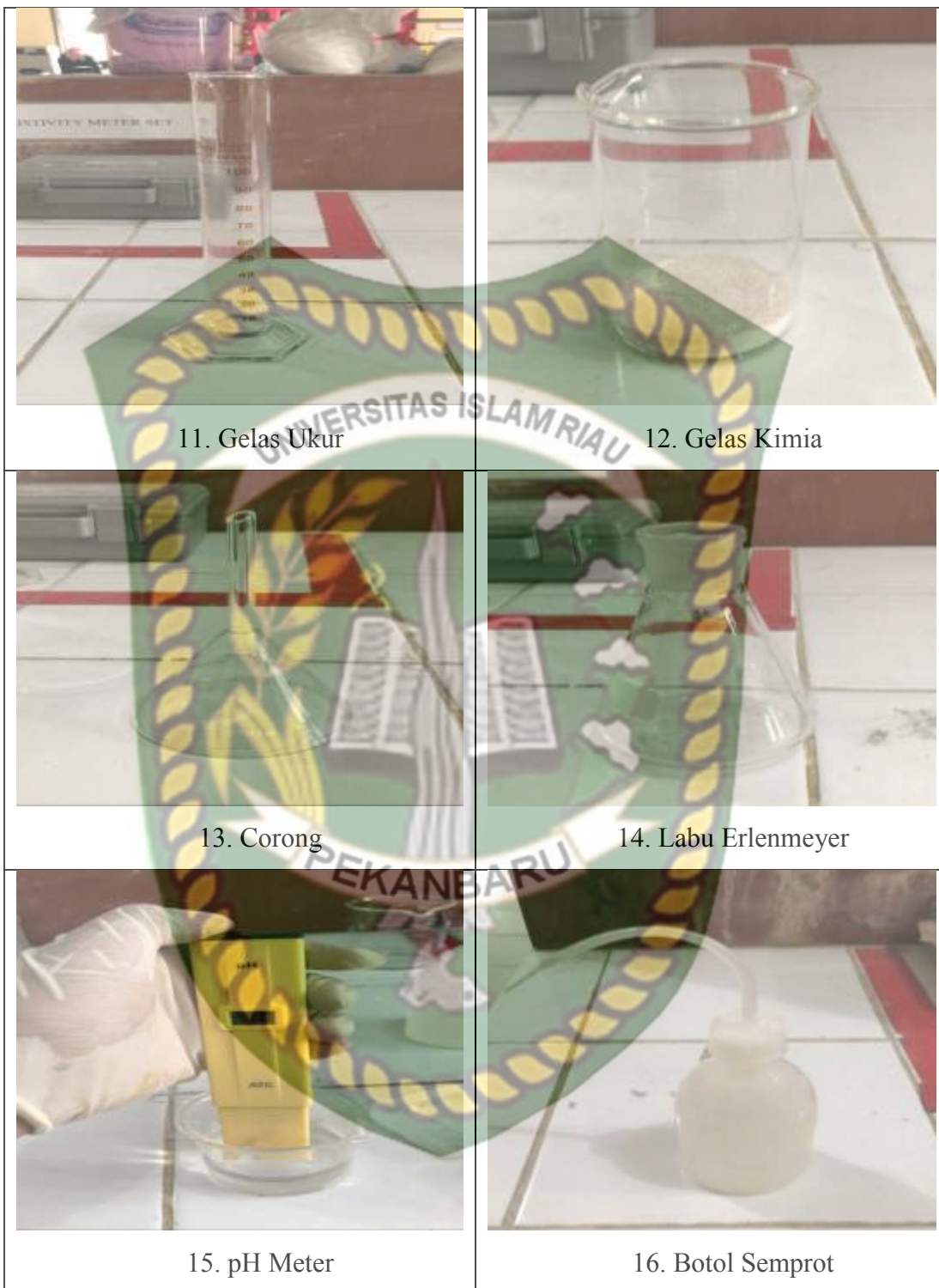
8. Cetakan Silinder

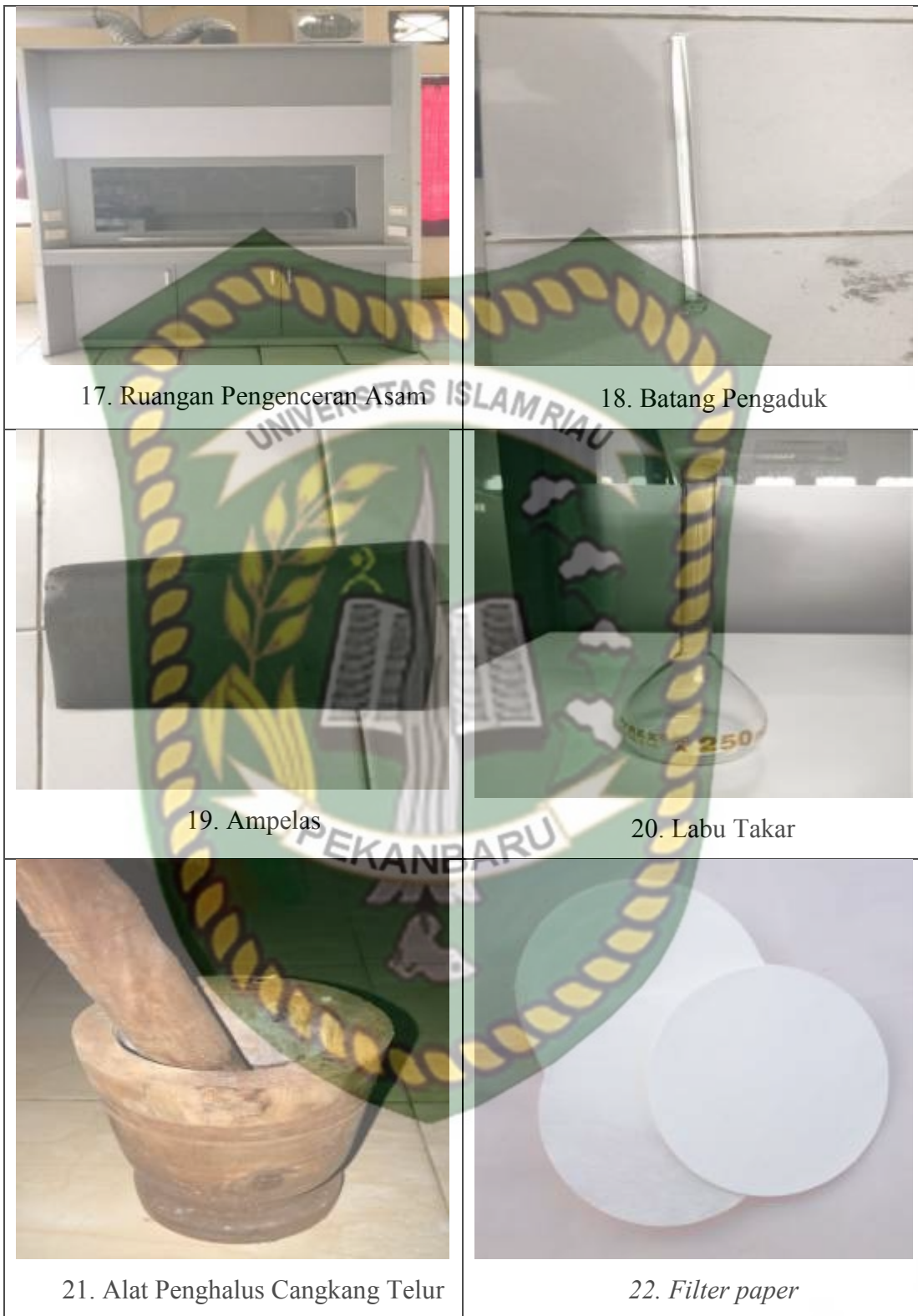


9. Jangka Sorong



10. Water Bath





3.3.2. Bahan



3.4. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan pada penelitian ini yaitu antara lain :

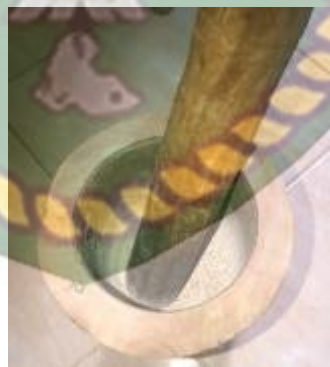
3.4.1. Persiapan Bahan (*pretreatment*)

1. Pencarian cangkang telur dilakukan di sekitaran daerah Pekanbaru
2. Kemudian cangkang telur yang sudah dikumpulkan selanjutnya dicuci dengan air mengalir hingga bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada cangkang telur tersebut.
3. setelah di bersihkan, cangkang telur dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan air yang terkandung.



Gambar 3.2 proses pengeringan cangkang telur

4. kemudian cangkang telur dihaluskan sehingga berbentuk bubuk



Gambar 3.3 Proses Penghalusan Cangkang Telur

5. setelah itu cangkang telur diayak menggunakan ayakan 250 *mesh* guna memisahkan partikel yang berukuran kecil dan seragam sehingga menghasilkan bubuk yang halus.



Gambar 3.4 Hasil Ayakan cangkang telur

3.4.2. Proses pembuatan HCl 1M 250 ml

1. Isi labu takar ukuran 250 ml dengan aquadest sebanyak 63 ml, lalu tambahkan 21 ml HCl pekat secara perlahan dengan cara mengalirkan melalui dinding labu
2. Gojok sebentar kemudian tambahkan *aquadest* sampai garis batas, kemudian tunggu hingga dingin
3. Pindahkan larutan tersebut kedalam botol reagen
4. Pada pengenceran asam labu takar harus diisi aquadest terlebih dahulu untuk menghindari perubahan panas

3.4.3. Proses Mereaksikan Cangkang Telur dengan Asam Klorida (HCl) 1M

1. Cangkang telur yang sudah dihaluskan kemudian dimasukkan ke dalam *beaker* gelas sebanyak 30 gr.



Gambar 3.5 Memasukan 30 gr bubuk cangkang telur

2. Kemudian asam klorida (HCl) dengan molaritas 1M sebanyak 100 ml ditambahkan sehingga berbentuk larutan.



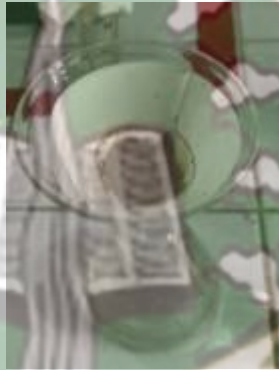
Gambar 3.6 Proses reaksi antara cangkang telur dengan HCl 1M

3. Kemudian larutan tersebut dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan temperatur 80 °C, kemudian diaduk dengan kecepatan 40 rpm dengan waktu 2 jam



Gambar 3.7 Proses Pemanasan Larutan

4. Larutan disaring dan mengukur pH hingga netral.



Gambar 3.8 Proses Penyaringan larutan

5. Hasil saringan dikeringkan selama 1 hari dan kemudian di timbang.



Gambar 3.9 Hasil Saringan Dikeringkan

3.4.4. Pembuatan suspensimen dan Cetakan sampel

1. Pertama yang dilakukan yaitu menimbang terlebih dahulu bubuk semen sebesar 350 gr menggunakan timbangan digital.



Gambar 3.10 proses penimbangan 350 gr semen *portland*

2. Kemudian melakukan pengukuran kadar air *water cement ratio* (WCR), harga kadar air semen (WCR) tidak boleh melewati kadar air maksimum ataupun kurang dari kadar air minimum.
3. Timbang terlebih dahulu *additive* kalsium klorida (CaCl_2) dari cangkang telur sebanyak 3.5 gr, 7 gr (CaCl_2 dari cangkang telur), 7 gr (CaCl_2 murni), 10.5 gr (1%, 2% (CaCl_2 dari cangkang telur), 2% (CaCl_2 murni), 3%) dari berat semen)



Gambar 3.11 proses penimbangan CaCl_2 dari Cangkang Telur

4. Setelah itu melakukan pencampuran bubuk semen dengan *additive* kalsium klorida (CaCl_2) dari cangkang telur dalam keadaan kering
5. Kemudian memasukan air sebanyak 161 ml kedalam blender, kemudian menghidupkan *mixer* dengan kecepatan 400 rpm lalu memasukan campuran semen dan *additive* kalsium klorida (CaCl_2) dari cangkang telur kedalamnya dengan waktu tidak lebih dari 15 detik, dan melanjutkan pengadukan pada kecepatan tinggi 1200 rpm selama 35 detik.
6. Lalu melapisi cetakan kubik menggunakan *grease* sedangkan untuk cetakan silinder tidak perlu di dilapisi *grease*.
7. Kemudian mengisi cetakan yang telah tersedia menggunakan sampel suspensi semen yang ada di *mixer*. Setelah itu digunakan untuk pengujian *compressive strength* dan *shear bond strength*.
8. Setelah itu bungkus cetakan sampel yang sudah terisi tadi dengan aluminium foil, kemudia memberi tanda dan merendamnya kedalam *water bath*.



Gambar 3.12 Proses Perendaman Sampel ke Dalam *Waterbath*

3.4.5. Pengujian *Thickening time*

1. Hal yang dilakukan pertama yaitu membuat suspensi semen dengan komposisi yaitu 600 gram semen Portland dan 276 ml air
2. Kemudian timbang CaCl_2 dari cangkang telur sebanyak 6 gr, 12 gr, 12 gr (CaCl_2 murni), 18 gr (1%, 2% (CaCl_2 dari cangkang telur), 2% (CaCl_2 murni), 3% dari berat semen)
3. Sebelum melakukan pengujian, mengkalibrasi terlebih dahulu alat-alat yang akan digunakan serta menyiapkan alat-alat dan *stop watch*
4. Menghidupkan *switch master* dan set temperatur pada suhu 140°F



Gambar 3.13 Set Temperatur pada suhu 140°F

5. kemudian memasukan suspensi semen kedalam *slurry container* hingga ketinggian yang ditunjukkan oleh garis batas
6. Memasang paddel yang telah dilapisi *grease* pada lid, setelah itu memasang lid tersebut tadi pada *slurry container* dan dimasukan kedalam *asmospheric consistometer*
7. Kemudian menghidupkan motor dan *stop watch*, lalu membaca skala penunjuk saat menunjukan angka 70 UC

3.4.6. Pengujian *Compressive Strength*

1. Pertama yang dilakukan yaitu membuka lapisan aluminium foil dan melepaskan dari cetakan kubik.



Gambar 3.14 Proses Pelepasan Sampel Dari Cetakan

2. Kemudian permukaan sampel tadi dibersihkan hingga merata dari air dan pasir agar tidak menempel pada mesin *bearing block*.
3. Kemudian meletakkan sampel semen kedalam *block bearing* dan meletakkan sampel di tengah permukaan *block bearing* di atasnya dan *block bearing* dibawahnya, sampel harus berdiri vertikal.



Gambar 3.15 Proses Peletakan Sampel di *Block Bearing*

4. Setelah itu mengukur tekanan maksimum retak, jika lebih dari 3000 psi memberi pembebanan awal setengah tekanan maksimum, dan jika kurang dari 3000 psi pembebanan awal tidak perlu.
5. Lalu menghidupkan motor penggerak pompa dan tidak boleh melakukan pengaturan terhadap *control testing* selama pembebanan maksimum saat batuan pecah.
6. Mencatat hasil pembebanan maksimum dan melakukan perhitungan *compressive strength* semen dengan rumus :

$$CS = k \times P \times \left(\frac{A1}{A2} \right)$$

Dimana :

CS = *compressive strength* semen, psi

k = konstanta

P = pembebanan maksimum, psi

A1 = luas penampang *block bearing* dari *hydraulic mortar*, *inch*²

A2 = luas permukaan sampel semen, *inch*² (Samura & Zabidi, 2018).

3.4.7. Pengujian *Shear Bond Strength*

1. Pertama dilakukan yaitu membuka plastik pembungkus untuk kemudian mengambil cetakan silinder casing yang berisi semen



Gambar 3.16 Proses Pembukaan Plastik Pembungkus

2. Membersihkan permukaan sampel dan permukaan *mold* agar tidak menempel pada mesin *bearing block*
3. Meletakkan *mold* silinder yang berisi sampel semen pada holder silinder penyangga yang didudukkan pada *Bearing block hydraulic* bagian bawah, posisi sampel harus berdiri vertikal



Gambar 3.17 Peletakan Sampel Silinder

4. Mendudukan batang pendorong pada permukaan sampel semen dan menurunkan posisi *bearing block hydraulic* bagian atas dengan memutar tangkai pengontrol spiral
5. Mengukur kecepatan pembebanan hingga maksimum antara 20 detik sampai 80 detik, jangan melakukan pengaturan pada *control testing* motor selama pembebanan, ketika terjadi pengerasan merupakan harga pembebanan yang maksimum
6. Mencatat harga pembebanan geser maksimum, kemudian *shear bond strength* dapat dihitung menggunakan rumus ;

$$SBS = k \times p \times \left[\frac{A1}{\pi \times D \times h} \right]$$

Dimana :

SBS = *shear bond strength* semen, psi

K = konstanta koreksi

P = pembebanan maksimum

A1 = luas penampang *block bearing hydraulic mortar*, *inch*²

D = diameter dalam casing sampel semen

H = tinggi sampel semen, *inch*



3.5. Jadwal Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada Maret 2022 hingga Mei 2022 dengan rincian sebagai berikut

Tabel 3.1 Rencana jadwal penelitian

No	Deskripsi Kegiatan	Maret 2022		April 2022				Mei 2022			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur										
2	<i>Pretreatment</i>										
3	Pembuatan serbuk										
4	Proses pengenceran asam										
5	Proses reaksi cangkang telur dengan HCl 1M										
6	Pengujian <i>Thickening Time</i>										
7	Pengujian <i>compressive strength</i>										
8	Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>										
9	Laporan Tugas Akhir										

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telur merupakan lauk yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia, karena memiliki gizi yang tinggi dan harganya terjangkau serta mudah dijumpai. Masyarakat hanya mengolah bagian isi dalam telur dan membuang limbah berupa cangkang, jika tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah cangkang telur akan menyebabkan polusi karena aktivitas mikroba dilingkungan. Oleh sebab itu, agar memiliki nilai tambah perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cangkang telur salah satunya yaitu pembuatan kalsium klorida (CaCl_2), karena kandungan CaCO_3 yang ada didalam cangkang telur mencapai 97%. Bahan utama pembuatan kalsium klorida yaitu CaCO_3 dengan cara mereaksikan HCl dengan CaCO_3 .



Dijabarkan sebagai berikut :

Kalsium karbonat + Asam klorida \rightarrow Kalsium klorida + Air + Karbon Dioksida





Gambar 4.1 Proses Pembuatan CaCl_2 dari Limbah Cangkang Telur

Pada bab ini akan menjelaskan hasil penelitian pengaruh penambahan kalsium klorida dari limbah cangkang telur terhadap pengujian *thickening time*, *compressive strength*, dan *shear bond strength* semen pemboran. Ada beberapa tahapan pengujian yang dilakukan untuk penelitian ini, yaitu dengan menambahkan additif kalsium klorida dari limbah cangkang telur kedalam suspensi semen menggunakan konsentrasi sebesar 0% 1%, 2% (CaCl_2 dari cangkang telur), 2% (CaCl_2 murni) 3% BWOC. Maka dari itu Sebelum melakukan pengujian, harus menghitung berat kalsium klorida dari cangkang telur yang akan ditambahkan kedalam suspensi semen, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi suspensi semen dasar tambah CaCl_2 dari cangkang telur

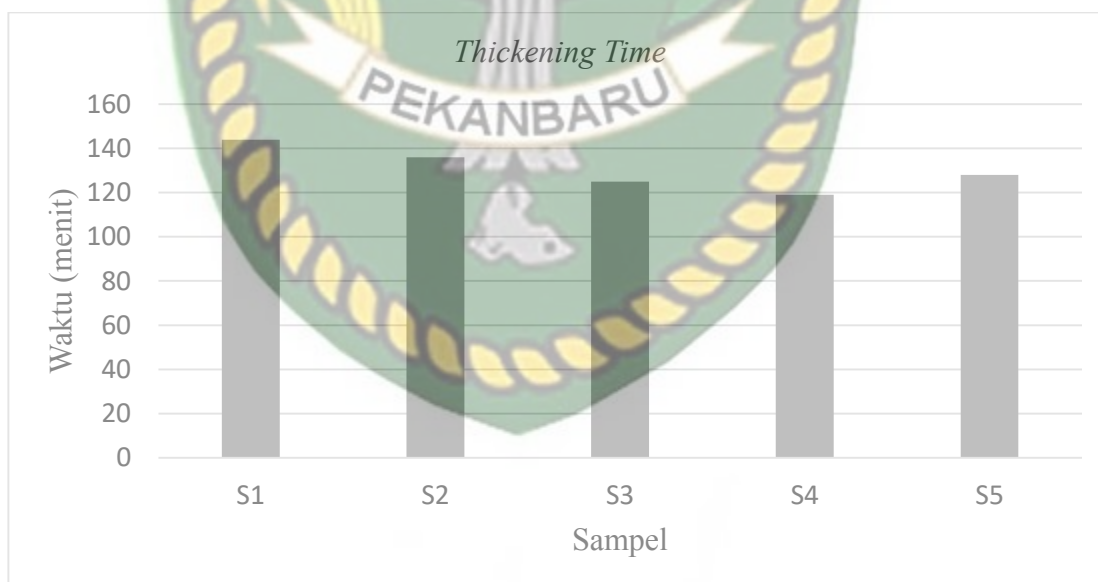
No	Komposisi				
	Berat semen (gr)	Volume air (ml)	WCR (%)	Berat CaCl_2	
				(%)	(gr)
1	350	161	46	0	0
2	350	161	46	1	3,5
3	350	161	46	2	7
4	350	161	46	2 (murni)	7 (murni)
5	350	161	46	3	10,5

4.1. Pengujian *Thickening Time*

Berikut data yang di dapat dari pengujian *thickening time* semen dasar dengan penambahan kalsium klorida dari limbah cangkang telur berdasarkan konsentrasi yang telah ditentukan.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Thickening Time* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 Cangkang Telur

No Sampel	Komposisi				Temperatur (°F)	Nilai <i>Thickening Time</i>
	Semen (gr)	Air (ml)	Additif			
			(%)	(gr)		
S1	600	276	0	0	140	144
S2	600	276	1	6	140	136
S3	600	276	2	12	140	125
S4	600	276	2 (murni)	12 (murni)	140	119
S5	600	276	3	18	140	128



Gambar 4.2 Grafik Nilai Pengujian *Thickening Time* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 Cangkang Telur

Pengujian *thickening time* dilakukan menggunakan alat *atmospheric consistometer* dengan cara membuat sampel terlebih dahulu dengan variasi yang telah ditentukan dan memasukan sampel kedalam alat tersebut dengan set temperatur sebesar 140°F. pembacaan hasil dilakukan dengan cara memperhatikan skala alat saat menunjukkan angka 70 UC, angka tersebut merupakan batasan aman saat melakukan pengujian *thickening time*, apabila melebihi angka 70 UC maka semen akan mengeras dan sulit untuk dikeluarkan dari alat pengujian.

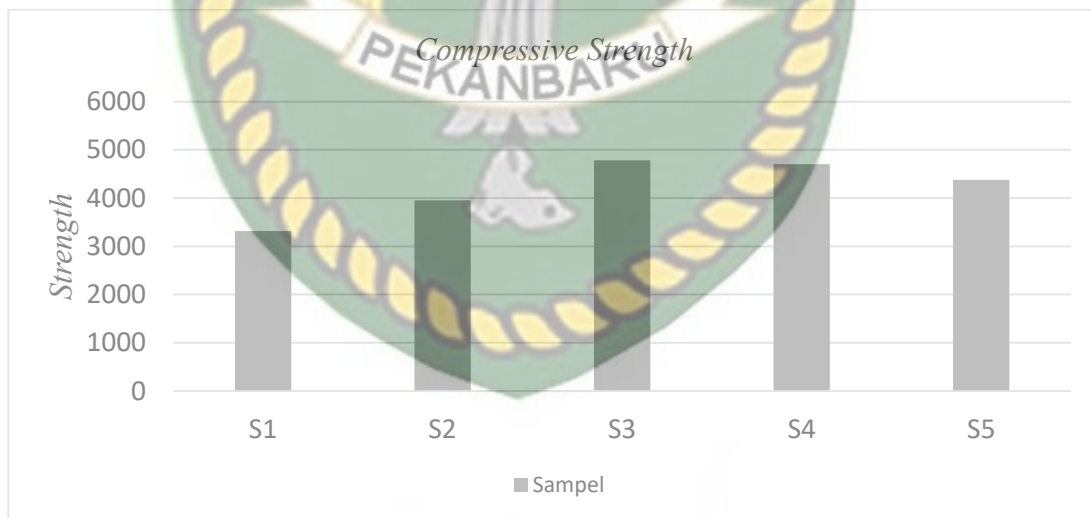
Dari data hasil pengujian, dapat dilihat terjadinya penurunan waktu atau pengerasan semen semakin cepat dengan penambahan additif CaCl₂ dari cangkang telur menggunakan konsentrasi 0%, 1%, 2% (CaCl₂ dari cangkang telur), 2% (CaCl₂ murni), dan 3%, awalnya semen tanpa additif memiliki waktu 144 menit kemudian mengalami penurunan waktu pada saat penambahan additif 1% yaitu sebesar 136 menit dan kembali terjadi penurunan waktu, pada saat penambahan additif 2% sebesar 125 menit, untuk penambahan additif CaCl₂ murni 2% kembali mengalami penurunan waktu sebesar 119 menit, sedangkan pada saat penambahan additif 3% mengalami penambahan waktu sebesar 128 menit, disebabkan karena terlalu banyak penambahan *additive* akan mempengaruhi sifat fisik dari semen, dari data yang ada, perbandingan penambahan additif 2% CaCl₂ dari cangkang telur dengan penambahan additif 2% CaCl₂ murni, additif CaCl₂ murni 6 menit lebih cepat, jarak waktu ini tidak terlalu signifikan. hal ini terjadi karena komposisi CaCl₂ yang berbeda dan proses pengolahan CaCl₂ dari cangkang telur belum semaksimal CaCl₂ murni. Umumnya waktu untuk *thickening time* adalah 3 – 3,5 jam untuk penyemenan pada kedalaman 6000 – 18.000 ft. Penambahan additif CaCl₂ dari cangkang telur dengan variasi 1%, 2%, dan 3% sudah memenuhi waktu sebagai additif untuk mempercepat pengerasan semen atau *thickening time* dan komposisi paling ideal untuk pengujian *thickening time* yaitu penambahan 2% CaCl₂ dari cangkang telur.

4.2. Pengujian *Compressive Strength*

Berikut data yang didapat dari pengujian *compressive strength* dengan penambahan CaCl_2 dari cangkang telur berdasarkan konsentrasi yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 4.3, hasil perhitungan *compressive strength* dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Nilai *Compressive Strength* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 dari Cangkang Telur

No Sampel	Komposisi				Nilai <i>Compressive Strength</i>
	Semen (gr)	Air (ml)	Additif		
			(%)	Gr	
S1	350	161	0	0	3315, 03
S2	350	161	1	3,5	3955, 04
S3	350	161	2	7	4784, 49
S4	350	161	2 (murni)	7 (murni)	4706, 37
S5	350	161	10,5	10,5	4379, 52



Gambar 4.3 Grafik Nilai Pengujian *Compressive Strength* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 dari Cangkang Telur

Pengujian *compressive strength* dilakukan menggunakan alat *hydraulic pressure machine* merupakan mesin pemecah semen yang sudah mengeras, komposisi CaCl_2 dari cangkang telur yang digunakan pada pengujian ini yaitu sebesar 0%, 1%, 2%, 2% (CaCl_2 murni), dan 3%. Adapun alasan menggunakan komposisi tersebut yaitu karena CaCl_2 biasanya digunakan sebagai additif semen yaitu dengan penambahan 2 – 4% kedalam suspensi semen (Huda et al., 2018).

Dari hasil data pada grafik diatas, terjadi peningkatan kekuatan pada semen yang awalnya tanpa menggunakan additif memiliki nilai *compressive strength* sebesar 3315,03 psi, dengan menambahkan 1% additif CaCl_2 dari cangkang telur terjadi peningkatan nilai *compressive strength* sebesar 3955,04 psi, dan kekuatan semen terus meningkat dengan menambahkan 2% additif CaCl_2 dari cangkang telur dengan nilai *compressive strength* 4784,49 psi, untuk penambahan 2% additif CaCl_2 murni terjadi penurunan tekanan dan mendapatkan nilai *compressive strength* sebesar 4706,37 psi, sedangkan untuk penambahan 3% CaCl_2 dari cangkang telur mengalami penurunan tekanan kembali sehingga memiliki nilai *compressive strength* sebesar 4379,52 psi.

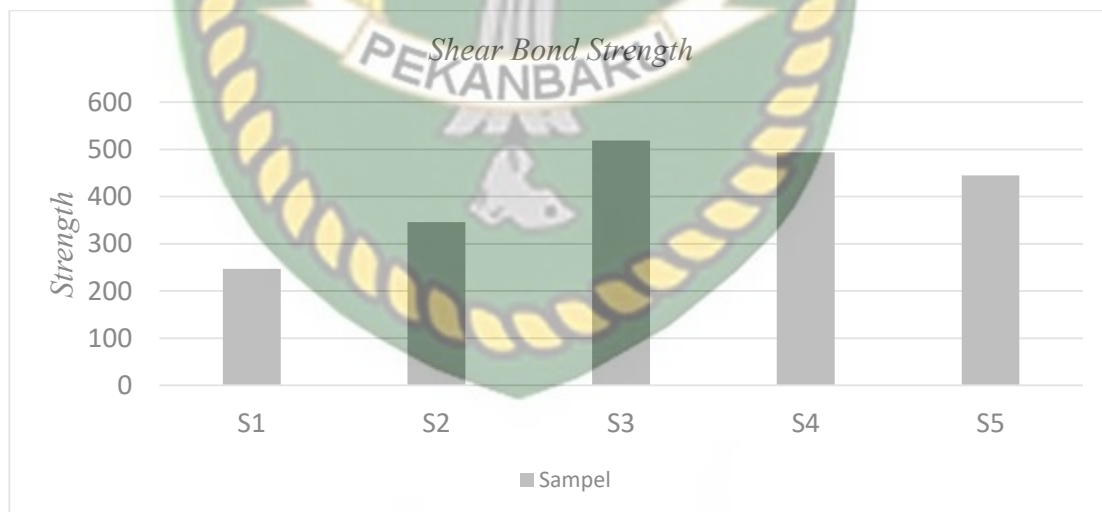
Penambahan additif 2% CaCl_2 dari cangkang telur lebih tinggi kekuatan tekanan yang didapat dari pada penambahan additif 3% CaCl_2 dari cangkang telur perbedaan nilai *compressive strength* dari kedua variasi additif yaitu 404,97 psi, dikarenakan terlalu banyak menambahkan additif CaCl_2 dari cangkang telur akan merubah sifat fisik semen. nilai *compressive strength* menggunakan 2% additif CaCl_2 cangkang telur lebih besar dari penambahan additif 2% CaCl_2 murni yaitu sebesar 78,12 psi. *Strength* minimum yang direkomendasikan oleh API yaitu sebesar 1000 psi (Huda et al., 2018). Penambahan additif CaCl_2 dari cangkang telur 1%, 2%, 3% sudah memenuhi kriteria sebagai additif untuk meningkatkan kekuatan semen atau *compressive strength* dan komposisi paling ideal untuk pengujian *compressive strength* yaitu penambahan 2% CaCl_2 dari cangkang telur.

4.3. Pengujian *Shear Bond Strength*

Berikut data yang didapat dari pengujian *shear bond strength* dengan penambahan CaCl_2 dari cangkang telur berdasarkan konsentrasi yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 4.4, hasil perhitungan *shear bond strength* dapat dilihat pada lampiran 6

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai *Shear Bond Strength* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 dari Cangkang Telur

No Sampel	Komposisi				Hasil <i>Shear Bond Strength</i>
	Semen (gr)	Air (ml)	Additif		
			(%)	Gr	
S1	350	161	0	0	247,02
S2	350	161	1	3,5	345,84
S3	350	161	2	7	518,76
S4	350	161	2 (murni)	7 (murni)	494,06
S5	350	161	3	10,5	444,65



Gambar 4.4 Grafik Nilai Pengujian *Shear Bond Strength* Semen Dasar dengan Penambahan Variasi CaCl_2 dari Cangkang Telur

Pengujian *shear bond strength* dilakukan menggunakan alat *hydraulic pressure machine* dengan sampel cetakan silinder. Pengujian *shear bond strength* menggunakan komposisi sama seperti pengujian *compressive strength*, hanya berbeda pada cetakan sampel. Berdasarkan dari data hasil grafik diatas terjadi peningkatan pada nilai *shear bond strength* yang awalnya tanpa menggunakan additif mendapatkan nilai *shear bond strength* sebesar 247,02 psi, terus meningkat dengan penambahan 1% additif CaCl_2 dari cangkang telur yang mendapatkan nilai sebesar 345,84 psi, terus meningkat dengan penambahan 2% additif CaCl_2 dari cangkang telur dan mendapatkan nilai sebesar 518,76 psi, untuk penambahan CaCl_2 murni terjadi penurunan tekanan dengan nilai *shear bond strength* 494,06 psi. kemudian terjadi penurunan tekanan lagi dengan penambahan 3% additif CaCl_2 dari cangkang telur dengan nilai *shear bond strength* 444,65 psi.

Penambahan additif 2% dari cangkang telur memiliki nilai *shear bond strength* lebih tinggi dibandingkan penambahan additif 3% dari cangkang telur, perbedaan tekanan dari kedua variasi tersebut tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 74,11 psi. perbedaan kedua variasi tersebut dikarenakan terlalu banyak penambahan additif CaCl_2 dari cangkang telur akan mempengaruhi sifat fisik semen. CaCl_2 dari cangkang telur memiliki nilai *shear bond strength* lebih tinggi daripada CaCl_2 murni, perbandingan kedua variasi tersebut tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 24,7 psi. *Strength* minimum yang direkomendasikan oleh API yaitu sebesar 100 psi (Huda et al., 2018). Penambahan additif CaCl_2 dari cangkang telur dengan variasi 1%, 2%, 3% sudah memenuhi kriteria sebagai additif untuk meningkatkan kekuatan semen atau *shear bond strength*, komposisi paling ideal untuk pengujian *shear bond strength* yaitu penambahan 2% CaCl_2 dari cangkang telur.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

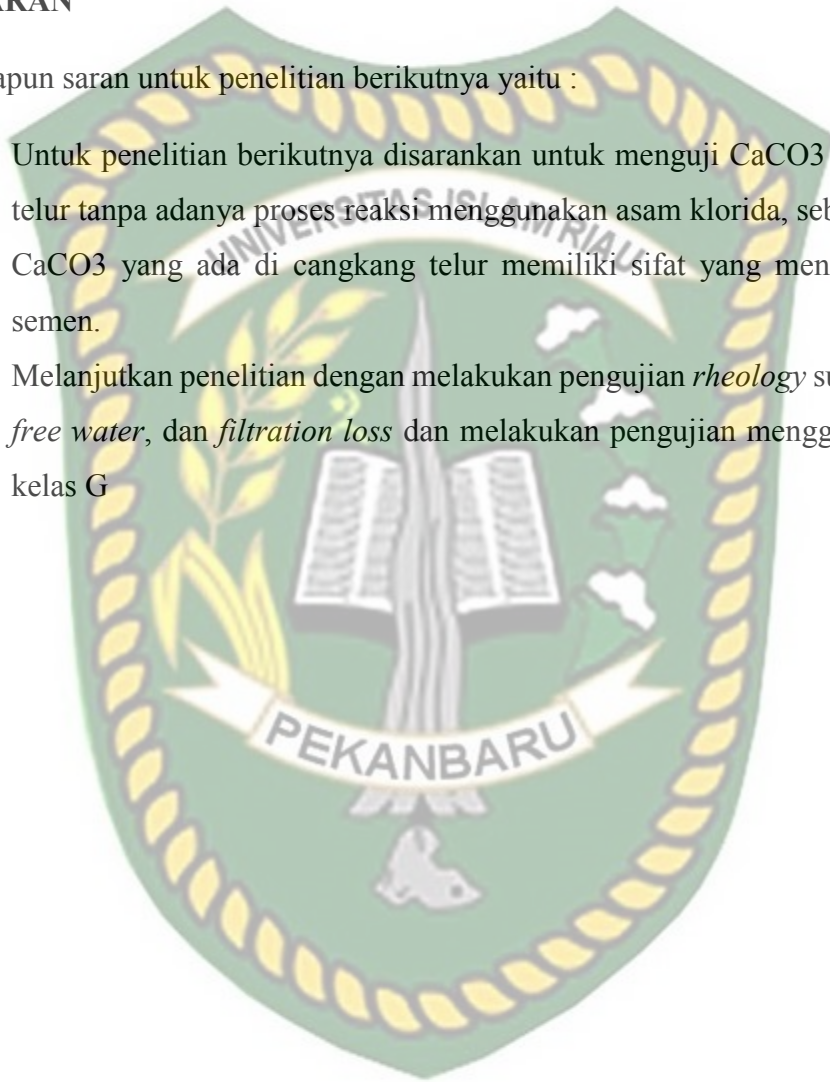
1. Cangkang telur bisa dijadikan *accelerator* semen pemboran yaitu dengan cara mereaksikan bubuk cangkang telur dengan asam klorida (HCl), dari hasil reaksi tersebut akan menghasilkan additif kalsium klorida (CaCl_2)
2. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penambahan kalsium klorida dari cangkang telur mampu mempercepat waktu pengerasan semen, waktu yang paling cepat untuk pengerasan semen dengan penambahan 2% kalsium klorida dari cangkang telur dengan waktu *thickening time* 125 menit, sedangkan untuk pengujian *compressive strength* nilai tertinggi didapatkan dengan penambahan 2% kalsium klorida dari cangkang telur yang memiliki nilai 4784,49 psi, sedangkan untuk pengujian *shear bond strength* nilai tertinggi didapatkan dengan penambahan 2% yang memiliki nilai 518,76 psi.
3. Perbedaan antara penambahan additif 2% CaCl_2 dari cangkang telur dengan 2% CaCl_2 murni, untuk pengujian *thickening time* CaCl_2 murni mendapatkan waktu sebesar 119 menit sedangkan untuk CaCl_2 dari cangkang telur mendapatkan waktu sebesar 125 menit, jadi CaCl_2 murni lebih cepat 6 menit dari CaCl_2 cangkang telur, jarak waktu ini tidak terlalu signifikan. Sedangkan untuk pengujian *compressive strength* CaCl_2 cangkang telur mendapatkan nilai CS sebesar 4784,49 psi, sedangkan untuk CaCl_2 murni mendapatkan nilai CS sebesar 4706,37 psi, jadi penambahan 2% CaCl_2 dari cangkang telur lebih kuat dari penambahan CaCl_2 murni yaitu sebesar 78,12 psi, sedangkan untuk pengujian *shear bond strength*, CaCl_2 dari cangkang telur mendapatkan nilai

SBS sebesar 518,76 psi, sedangkan CaCl_2 murni mendapatkan nilai sebesar 494,06 psi, jadi penambahan 2% CaCl_2 dari cangkang telur lebih kuat dari penambahan 2% CaCl_2 murni yaitu sebesar 24,07 psi, jarak antara kedua variasi ini tidak terlalu signifikan.

5.2 SARAN

Adapun saran untuk penelitian berikutnya yaitu :

1. Untuk penelitian berikutnya disarankan untuk menguji CaCO_3 dari cangkang telur tanpa adanya proses reaksi menggunakan asam klorida, sebab kandungan CaCO_3 yang ada di cangkang telur memiliki sifat yang mengikat terhadap semen.
2. Melanjutkan penelitian dengan melakukan pengujian *rheology* suspensi semen, *free water*, dan *filtration loss* dan melakukan pengujian menggunakan semen kelas G



DAFTAR PUSTAKA

- Alfionita, T., & Zainul, R. (2019). *Calcium Chloride (CaCl₂) : Characteristics and Molecular Interaction in Solution*. 3.
- Alim, G., Sasmita, J., Fernando, M. R., & Sugiharto, H. (2017). Pengaruh Substitusi Parsial Semen dengan Cangkang Telur Ayam dan *Fly Ash* pada Karakteristik Mortar Beton. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya*, 79–86.
- Bagus Ichwan Martha, Lilik Zabidi, L. S. A. (2018). Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Lignosulfat pada *Compressive Strength* Dan *Thickenig time* Pada Semen Pemboran Kelas G. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4(4), 248–253.
- Hanafi. (2017). Konsep Penelitian R&D Dalam Bidang Pendidikan. *Jurnal Kajian Keislaman*, 4(2), 129–150.
- Haris. (2019). Pengaruh *Additive* Dari Cmc Batang Pisang Nangka Dan Pisang Batu Terhadap *Filtration Loss* Dan *Compressive Strength* Pada Semen Pemboran. *Tugas Akhir*.
- Huda, A., Hamid, A., & Sulistyanto, D. (2018). Pengaruh Penambahan “*Barite*”, “*Hematite*”, Dan “*Mecomax*” Terhadap *Thickening Time*, *Compressive Strength*, Dan Rheologi Buburr Semen Pada Variasi Temperatur (Bhct) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi. *Petro*, 7(2), 47–58.
- Ikhwan, M. (2017). Pengaruh Penambahan Aditif Kalsium Klorida (CaCl₂) Dari Limbah Kulit Telur Terhadap Reaksi Pengerasan Semen. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1), 48–56.
- Indah, N. (2020). Karakterisasi Mineral Kalsium Karbonat (CaCO₃) Pada Batuan Kecamatan Tamalatea Kabupaten Jeneponto Sulawesi Selatan. 3(2017), 54–67.
- Khotimah, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pupuk Organik Tanaman Sayur. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–

1699.

- M. Rheza M.Y. Agam, Bayu Satyawira, L. (2015). Pengaruh Penambahan *Accelerator* “CaCl₂”, “NaCl”, dan “NaNO₃” Sebagai *Additive* Semen Kelas B Terhadap *Thickening Time*, *Compressive Strength*, Dan *Rheology* Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (BHCT) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 3, 309–316.
- Mahreni, Sulistyowati, E., Sampe, S., & Chandra, W. (2012). Pembuatan Hidroksi Apatit dari Kulit Telur. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, 1(1), 1–5.
- Moradi, S. S. T., & Nikolaev, N. I. (2016). *Archive of SID Considerations of Well Cementing Materials in High-pressure , High-temperature Conditions. International Journal of Engineering*.
- Negara, T. P., & Hamid, A. (2015). Pengaruh Penambahan *Accelerator* KCl, Na₂SiO₃, Dan Cal-Seal Sebagai *Additive* Semen Kelas A Terhadap *Thickening Time*, *Compressive Strength*, Dan *Rheology* Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (BHCT) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*, 3, 543–549.
- Noviyanti1, Jasruddin, E. H. S. (2013). Karakteristik Kalsium Karbonat (Ca(CO₃)) Dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa. 169–172.
- Novrianti, Mursyidah, T. P. U. (2017). Studi Laboratorium Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Arang Batok Kelapa Terhadap *Thickening Time* dan *Free Water* Semen Pemboran. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 38–43.
- Novrianti. (2016a). Studi Laboratorium Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Karbon Cangkang Kelapa Sawit Dan Arang Batok Kelapa Terhadap *Strength* Semen Pemboran. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 7(2).
- Novrianti, N. (2016b). 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.

Nugraha, G. S. (2019). Kajian Pengaruh Kalsium Karbonat Dan Limbah Adukan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah. *Journal Teknik Sipil*, 1(2).

Rafika. (2018). Pengaruh Lama Perebusan Kulit Telur Pada Pembuatan Bubuk Suplemen Kalsium. *teknologi pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 9(1), 20–27.

Ramadhan, R., Satiyawira, B., & Rosyidan, C. (2018). Penanggulangan *Loss Formation* Menggunakan Metode *Dual Stage Cementing* Pada Sumur Ar-001. *Petro*, 7(1).

Rheza, M. (2015). Pengaruh Penambahan *Accelerator* “CaCl₂”, “NaCl”, dan “NaNO₃” Sebagai *Additive* Semen Kelas B Terhadap *Thickening Time*, *Compressive Strength*, Dan *Rheology* Bubur Semen Dengan Variasi Temperatur (BHCT) Di Laboratorium Pemboran Dan Produksi Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 309–316.

Samura, L., & Zabidi, L. (2018). Pengujian *Compressive Strength* Dan *Thickening Time* Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif Retader. *Petro*, 6(2), 49–54.

Syahwati, M., & Wahyuni, A. S. (2019). Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (Bct) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 27–32.

Tumbel, G. W. Y. (2020). Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton. *Sipil Statik*, 8(3), 293–298.

Yazid, F. E., Hamid, A., & Affifah, A. N. (2016). Evaluasi Penyemenan Casing Liner 7” Pada Sumur X-1 Dan Y-1 Blok Lmg. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 88–96.

Yonata, D., Aminah, S., & Hersoelistyorini, W. (2017). Kadar Kalsium dan

Karakteristik Fisik Tepung Cangkang Telur Unggas dengan Perendaman Berbagai Pelarut. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 7(2), 82–93.

Zulkifly R dkk. (2019). *Clamshells Energy* Melalui Metode Elektrolis Dalam Memenuhi. *Celebes Enviromental Science*, 1(April), 21–26.

