



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TL184834**

**PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH CANGKANG  
TELUR DAN ECENG GONDOK TERHADAP SIFAT  
FISIS DAN MEKANIK BAHAN KOMPOSIT UNTUK  
APLIKASI PAPAN SEMEN PARTIKEL**

**HILMAN RASYAD**  
NRP 02511540000147

Dosen Pembimbing  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.  
Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019









**TUGAS AKHIR - TL184834**

**PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH CANGKANG  
TELUR DAN ECENG GONDOK TERHADAP SIFAT  
FISIS DAN MEKANIK BAHAN KOMPOSIT UNTUK  
APLIKASI PAPAN SEMEN PARTIKEL**

**HILMAN RASYAD  
NRP 02511540000142**

Dosen Pembimbing  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.  
Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



**FINAL PROJECT - TL184834**

**THE EFFECT OF COMPOSITION OF EGGS SHELL AND WATER HYACINTH WASTE IN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS FOR APPLICATION OF CEMENT PARTICLE BOARDS**

**HILMAN RASYAD**  
**NRP 02511540000142**

**Advisors**  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**  
**Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph.D.**

**MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2019**

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



**PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH CANGKANG  
TELUR DAN ECENG GONDOK TERHADAP SIFAT  
FISIS DAN MEKANIK BAHAN KOMPOSIT UNTUK  
APLIKASI PAPAN SEMEN PARTIKEL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HILMAN RASYAD**  
NRP 0251154000142

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D..... (Pembimbing I)
2. Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph..... (Pembimbing II)



*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

**PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH CANGKANG TELUR  
DAN ECENG GONDOK TERHADAP SIFAT FISIS DAN  
MEKANIK BAHAN KOMPOSIT UNTUK APLIKASI  
PAPAN SEMEN PARTIKEL**

**Nama Mahasiswa : Hilman Rasyad**  
**NRP : 02511440000142**  
**Departemen : Teknik Material**  
**Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**  
**Co-pembimbing : Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph.D.**

**ABSTRAK**

*Semen merupakan salah satu bahan utama untuk pembangunan terutama pada bidang konstruksi. Namun semen merupakan penyumbang gas karbondioksida dalam proses produksinya. Material limbah berupa serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit adalah serat eceng gondok. Bahan limbah lain yang bisa digunakan sebagai pengisi adalah cangkang telur dan bata ringan. Pemanfaatan limbah cangkang telur dan eceng gondok menjadi nilai jual, terutama bahan bangunan seperti papan partikel semen. Dibandingkan dengan papan partikel kayu, papan partikel semen mempunyai kekuatan yang lebih baik, terutama dari kekuatan dan ketangguhannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi komposisi campuran semen dan bata ringan terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit berpenguat serbuk cangkang telur dan eceng gondok yang diharapkan dapat diaplikasikan sebagai material papan semen partikel. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian fisis (absorpsi air dan densitas), pengujian mekanik (beban lentur dan kuat tekan) serta pengujian mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan pada penambahan komposisi tertentu dari eceng gondok dan cangkang telur, mampu untuk meningkatkan sifat fisis dan mekaniknya.. Nilai pengujian dari sifat fisis dan mekanis spesimen uji seluruhnya telah memenuhi standar ISO 8335. Nilai kuat lentur dan kuat tekan tertinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi komposisi 30 phrcangkang*

*telur dengan nilai masing-masing sebesar 129,23 kgf/cm<sup>2</sup> dan 440.38 kgf/cm<sup>2</sup>.*

***Kata Kunci : Cangkang Telur, Eceng Gondok, Komposit, Papan Partikel, Semen.***

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

**THE EFFECT OF COMPOSITION OF EGG SHELL AND  
WATER HYACINTH WASTE IN THE PHYSICAL AND  
MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE  
MATERIALS FOR APPLICATION OF CEMENT  
PARTICLE BOARDS**

**Student's Name : HILMAN RASYAD**  
**NRP : 02511540000142**  
**Department : Materials Engineering**  
**Advisor Lecturer : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**  
**Co-advisor : Mas Irfan P. Hidayat, ST., MSc., Ph.D.**

**ABSTRACT**

*Cement is one of the main ingredients for development, especially in the construction sector. But cement is a contributor to carbon dioxide in the production process. Waste materials in the form of natural fibers that can be used as reinforcement in composites are water hyacinth fibers. Other waste materials that can be used as fillers are eggshells and light brick. The utilization of eggshell and water hyacinth waste is a selling point, especially building materials such as cement particle boards. Compared to wood particle boards, cement particle boards have better strength, especially from their strength and toughness. This study aims to analyze variations in the composition of the mixture of cement and light brick on the physical properties and mechanical properties of composite reinforced eggshell powder and water hyacinth which are expected to be applied as particle cement board material. Tests carried out in the form of physical testing (water absorption and density), mechanical testing (bending load and compressive strength) and optical microscope testing. The results showed that in addition to certain compositions of water hyacinth and eggshell, it was able to improve physical and mechanical properties. The test values of the physical and mechanical properties of all test specimens had met the ISO 8335 standard. The highest flexural strength and compressive strength were 30 phr variations of*

*eggshell composition with a value of 129.23 kgf/cm<sup>2</sup> and 440.38 kgf/cm<sup>2</sup> respectively.*

***Keywords: Eggshell, Hyacinth, Composite, Board Particles, Cement.***

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan karunia, terang pikiran, kesehatan, keselamatan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Komposisi Limbah Cangkang Telur Dan Eceng Gondok Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Bahan Komposit Untuk Aplikasi Papan Semen Partikel”**. Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material FTI – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan kemampuan penulis dalam penyusunan laporan ini. Namun, penulis dapat mewujudkan laporan ini secara lengkap berkat adanya perhatian, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak. Dengan adanya kekurangan dan kesalahan dalam penulisan laporan ini. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menjadi evaluasi selanjutnya.

Demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya khususnya bagi sesama mahasiswa.

Surabaya, Juli 2019  
Penulis

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Komposit .....	5
2.1.1 Pengertian Komposit .....	5
2.1.2 Klasifikasi Material Komposit .....	6
2.1.3 Komposit Semen .....	8
2.2 <i>Pre mix</i> Mortar .....	9
2.3 Eceng Gondok.....	12
2.3.1 Definisi Eceng Gondok .....	12
2.3.2 Komponen-Komponen pada Eceng Gondok .....	13
2.4 Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) .....	14
2.5 Papan Partikel .....	16
2.6 Bata Ringan.....	20
2.6.1 Bata Ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete) .....	21
2.7 Penelitian Sebelumnya .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.2.1 Alat .....	26
3.2.2 Bahan .....	31
3.3 Variabel Penelitian.....	32
3.4.1 Persiapan Bahan .....	33

3.4.1.a	Pembuatan Serbuk Eceng Gondok .....	33
3.4.2	Proses Pembuatan Komposit.....	34
3.5	Pengujian .....	34
3.5.1	Pengujian Mikroskop Digital .....	34
3.5.2	Pengujian Absorpsi Air.....	35
3.5.3	Pengujian Densitas .....	36
3.5.4	Pengujian Densitas .....	37
3.5.5	Pengujian Kuat Tekan.....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Analisis Hasil Uji Kuat Lentur .....	39
4.2.	Hasil Uji Kuat Tekan .....	44
4.3	Hasil Uji Daya Serap Air .....	48
4.4	Hasil Uji Densitas .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan .....	59
5.2	Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>61</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>65</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>		<b>82</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>		<b>85</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Skema Pembentukan Komposit .....	6
<b>Gambar 2. 2</b>	Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya .....	7
<b>Gambar 2. 3</b>	Komposit Berdasarkan Jenis Matriksnya .....	7
<b>Gambar 2. 4</b>	Eceng Gondok .....	13
<b>Gambar 2.5</b>	Kalsium Karbonat .....	15
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	25
<b>Gambar 3. 2</b>	<i>Shieving</i> .....	26
<b>Gambar 3. 3</b>	Mikroskop Digital .....	27
<b>Gambar 3. 4</b>	Cetakan .....	27
<b>Gambar 3. 5</b>	Oven .....	28
<b>Gambar 3. 6</b>	Timbangan Digital.....	29
<b>Gambar 3. 7</b>	Alat Uji <i>Bending</i> .....	30
<b>Gambar 3. 8</b>	Alat Uji Tekan.....	31
<b>Gambar 3.9</b>	Skema Pengujian Mikroskop .....	35
<b>Gambar 4.1</b>	Pengaruh penambahan <i>filler terhadap</i> kekuatan tekan material pada (a) eceng gondok (b) cangkang telur (50% eceng gondok+50% cangkang telur.....	40
<b>Gambar 4.2</b>	Pengaruh penambahan <i>filler terhadap</i> kekuatan tekan material pada (a)eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur .	46
<b>Gambar 4.3</b>	Pengaruh penambahan <i>filler terhadap</i> daya serap air material pada (a)eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur.....	50
<b>Gambar 4.4</b>	Pengaruh penambahan <i>filler terhadap</i> densitas material pada (a)eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur.....	52
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa filler (b) penambahan 10 phr eceng gondok (c) penambahan 20 phr eceng gondok (d) penambahan 30 phreceng gondok dengan perbesaran 50x.....	55

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b>	Persyaratan Mortar .....	11
<b>Tabel 2. 2</b>	Komposisi Eceng Gondok.....	14
<b>Tabel 2. 3</b>	Toleransi Tebal Papan Partisi .....	17
<b>Tabel 2. 4</b>	Kekuatan Lentur Minimum Papan Partikel .....	18
<b>Tabel 2. 5</b>	Perbandingan Sifat Papan Semen dengan Produk Papan Semen .....	19
<b>Tabel 3. 1</b>	Variabel Penelitian Filler Eceng Gondok.....	32
<b>Tabel 3. 2</b>	Variabel Penelitian Filler Cangkang Telur.....	32
<b>Tabel 3. 3</b>	Variabel Penelitian Filler Campuran.....	33
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil uji kelenturan pada <i>filler</i> eceng gondok .....	40
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil uji kelenturan pada <i>filler</i> cangkang telur.....	40
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil uji kelenturan pada <i>filler</i> 50% eceng gondok+50% cangkang telur.....	41
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil uji kuat tekan pada <i>filler</i> eceng gondok .....	44
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil uji kuat tekan pada <i>filler</i> cangkang telur .....	45
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil uji kuat tekan pada <i>filler</i> 50% eceng gondok+50% cangkang telur.....	45
<b>Tabel 4.7</b>	Penyerapan air pada <i>filler</i> eceng gondok .....	48
<b>Tabel 4.8</b>	Penyerapan air pada <i>filler</i> cangkang telur .....	48
<b>Tabel 4.9</b>	Penyerapan air pada <i>filler</i> 50% eceng gondok + 50% cangkang telur.....	48
<b>Tabel 4.10</b>	Densitas pada <i>filler</i> Cangkang Telur.....	51
<b>Tabel 4.11</b>	Densitas pada <i>filler</i> Eceng Gondok.....	51
<b>Tabel 4.12</b>	Densitas pada <i>filler</i> 50% eceng gondok+50% cangkang telur .....	51

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jumlah penduduk yang kian bertambah menyebabkan jumlah sampah juga ikut meningkat. Persoalan sampah di Indonesia saat ini dapat dikatakan sangat memprihatinkan. Salah satu sampah yang sangat mengganggu lingkungan adalah limbah cangkang telur. Indonesia merupakan negara yang mayoritas penduduknya mengonsumsi telur sebagai bahan protein hewani yang terjangkau selain daging. Kondisi ini dipengaruhi oleh pendapatan masyarakat Indonesia yang mayoritas menengah ke bawah. Masyarakat Indonesia menganggap bahwa mengonsumsi telur sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan protein (Ditjen POM,1995). Telur yang dikonsumsi masyarakat Indonesia paling banyak adalah telur ayam. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Peternakan, produksi telur Indonesia pada tahun 2009 sebesar 1.013.543 ton, pada tahun 2014 sebesar 1.702.010 ton dan pada tahun 2015 sebesar 1.764.060 ton dengan pertumbuhan produksi tahun 2015 terhadap tahun 2014 sebesar 3,57%.. Hal ini terus meningkat setiap tahunnya seiring besarnya tingkat konsumsi masyarakat. Menurut data World Intellectual Property Organization (2009) di Amerika Serikat, ada sekitar 190.000 ton cangkang telur yang terbuang, yang dari jumlah ini, sekitar 120.000 ton dihasilkan dari industri pengolahan makanan. Cangkang telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan.

Selain limbah cangkang telur, Indonesia mempunyai kekayaan alam yang besar dalam memproduksi serat selulosa dari tanaman Eceng Gondok. Berbagai cara sudah dilakukan untuk memberantas tanaman gulma perairan ini, namun tidak pernah berhasil karena pertumbuhan tanaman ini lebih cepat dibandingkan tingkat pembuangannya (Koes, 2010). Dengan populasi yang begitu melimpah dan pengendalian yang masih kurang maksimal tanaman

eceng gondok harus dimanfaatkan khususnya serat selulosa yang terkandung di dalamnya. Kandungan eceng gondok itu sendiri terdiri dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin (Ahmed, 2012).

Papan semen partikel merupakan papan tiruan atau papan majemuk yang dibuat dari campuran partikel kayu atau bahan berligniselulosa lainnya dengan menggunakan semen sebagai bahan perekatnya dengan campuran bahan lain sesuai dengan tujuan pembuatannya yang kemudian dilakukan pencetakan dengan pengepresan dingin dalam besar tekanan tertentu (Handayani, 2001). Sejauh ini ada dua jenis papan semen yang pernah dibuat di Indonesia yaitu papan wol kayu (woodwool board) dan papan semen partikel (cement bonded particle board), dimana papan wol kayu terbuat dari campuran semen dengan potongan-potongan kayu berbentuk serutan berupa wol, sedangkan papan semen patikel terdiri dari campuran semen dengan potongan kayu kecil berupa tatal, serpih sampai serbuk gergaji.

Cangkang telur memiliki kandungan 97%  $\text{CaCO}_3$  dan kadar selulosa yang terdapat pada eceng gondok sebesar 60%, dapat digunakan untuk filler komposit untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan sebuah rekayasa dengan memanfaatkan campuran semen-bata ringan sebagai matriks dan limbah cangkang telur-eceng gondok sebagai filler yang dibuat menjadi suatu komposit untuk mendapatkan variasi komposisi dengan sifat mekanik dan sifat fisis yang paling optimal sehingga dapat diaplikasikan untuk pembuatan papan partikel yang ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi eceng gondok dan cangkang telur terhadap sifat mekanik komposit untuk aplikasi papan semen partikel?

2. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi eceng gondok dan cangkang telur terhadap sifat fisis komposit untuk aplikasi papan semen partikel?
3. Komposit dengan variasi komposisi manakah yang memenuhi standard dan dapat diaplikasikan sebagai material papan semen partikel?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang telur, dan eceng gondok terhadap sifat mekanik komposit untuk aplikasi papan semen partikel.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang telur, dan eceng gondok terhadap sifat fisis komposit untuk aplikasi papan semen partikel.
3. Mendapatkan komposit dengan variasi komposisi yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan penggunaan limbah cangkang telur dan eceng gondok sebagai *filler* dalam komposit.
2. Mensitesis komposit yang dapat meningkatkan kekuatan papan partikel semen dengan variasi agregat cangkang telur dan eceng gondok.
3. Membuat papan partikel yang dapat memenuhi kriteria bahan bangunan dengan menggunakan cangkang telur dan eceng gondok agar dapat meningkatkan sifat fisik dari material tersebut.

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Komposit**

##### **2.1.1 Pengertian Komposit**

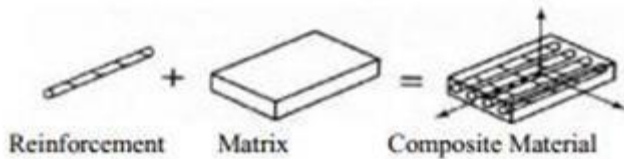
Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus Young/density) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matriks sebagai pengikat atau pelindung komposit dan filler sebagai pengisi komposit.

- Matriks berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon, glass, kevlar, dll.
- *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. *Filler* yang umum digunakan : carbon, glass, aramid, kevlar.

Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi antara lain :

- Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
- Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
- Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
- Menyumbangkan beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik

Adapun ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut



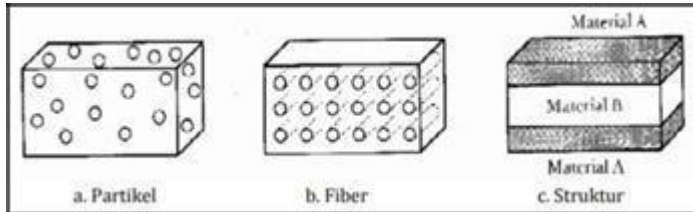
**Gambar 2. 1** Skema Pembentukan Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)

Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah bobotnya yang ringan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksinya relatif murah dan memiliki ketahanan terhadap korosi (Schwartz, 1997).

### 2.1.2 Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibedakan menjadi 3 kelompok sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.2 yaitu:

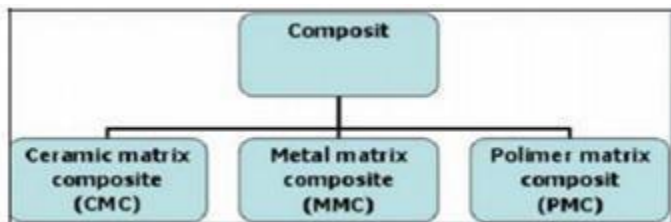
1. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel
  2. *Fibre composite*, jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
  3. *Structural composite*. Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materialnya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen
- Adapun ilustrasi dari komposisi berdasarkan jenis penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



**Gambar 2. 2** Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya (Nayiroh)

Pada *particulate composite*, dispersi fasanya seimbang (dimensi partikel hampir sama di semua arah), untuk *fibre composites*, dispersi fasa mengikuti bentuk geometri dari serat yang dipakai, sedangkan *structural composites* berlapis-lapis dan memang di desain untuk memiliki densitas yang rendah dan tingkat integritas struktural yang tinggi. (Callister, 2008).

Disisi yang lain, berdasarkan jenis matriksnya komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar sebagaimana terdapat pada Gambar 2.3 yaitu:



**Gambar 2. 3** Komposit Berdasarkan Jenis Matriksnya (Gibson, 1994)

- a. Komposit matrik polimer (PMC) menggunakan polimer sebagai matriksnya
- b. Komposit matrik logam (MMC) menggunakan logam sebagai matriksnya

- c. Komposit matrik keramik (CMC) menggunakan keramik sebagai matriknya.

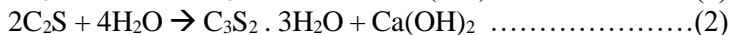
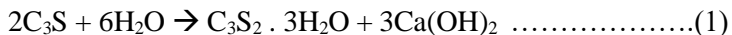
### 2.1.3 Komposit Semen

Komposit semen adalah komposit yang memakai matriks semen, sebagai pengisinya dengan memadukan seperti metal, *polypropylene*, *fiberglass*, maupun serat yang mengandung selulosa yang telah digunakan selama hampir 30 tahun. Penggunaan serat untuk mengkarakterisasi produk semen dengan komposit berkekuatan tinggi dengan penambahan serat butiran halus yang sedikit dengan persentase kurang lebih 10 phr dari volume. Sebagai material utama untuk konstruksi, komposit semen menawarkan banyak keuntungan, diantaranya fleksibilitas dalam penentuannya karena komposit mampu dicetak, ekonomis, *durability* yang baik, ketahanan api, dan kemampuannya untuk dipoles menjadi berpenampilan lebih baik (Smith, 2011)

Alasan utama untuk penambahan serat pada campuran semen dan beton untuk memperbaiki sifat material. Berikut ini beberapa pengaruh penambahan serat sebagai berikut:

- Menambah kekuatan tarik dan kekuatan lentur
- Menambah kekuatan *impact*
- Mengontrol keretakan dan kegagalan dengan mempertahankan pada saat pra-retak.

Semen akan mengeras ketika ditambahkan air yang disebut dengan reaksi hidrasi. Reaksi ini sangat kompleks dan belum diketahui sepenuhnya. Berikut adalah reaksi hidrasi pada persamaan 2.1 dan 2.2



*Tricalcium silicate* berperan penuh untuk pembentukan kekuatan pada komposit semen. Pada dua hari pertama C3S akan sangat banyak terbentuk pada komposit semen dan berperan untuk meningkatkan kekuatan awaplnya.



Pada *Dicalcium silicate* (C2S) berperan untuk meningkatkan kekuatan pada komposit, namun tidak secara drastis seperti *Tricalcium silicate*. *Dicalcium silicate* akan meningkatkan kekuatan komposit semen secara linear hingga umur komposit mencapai 28 hari. Setelah itu *Dicalcium silicate* akan tetap meningkatkan kekuatan komposit namun tidak secara linear dan secara sedikit demi sedikit (Smith, 2011).

Kinerja komposit dikendalikan dari kinerja volume serat, sifat fisik serat dan matriks. Nilai untuk kekuatan untuk jarak serat yang renggang kemungkinan jarang melebihi 4 Mpa dan mungkin lebih kecil untuk beberapa jenis serat polimer.

## 2.2. *Pre mix Mortar*

*Pre-Mix Mortar* merupakan campuran yang terdiri dari campuran yang terdiri dari agregat halus, air, semen dan ditambahkan *admixture* dengan proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Penerapan *pre-mix mortar* lebih cenderung pada pekerjaan non-struktural seperti plesteran dinding, perekat pemasangan bata ringan, spesi pada pondasi batu kali, plesteran pada pemasangan keramik, batako, paving block, buis beton, roster dan lainnya. Dari fungsinya, mortar harus memiliki sifat yang awet dan tahan lama, mudah dikerjakan dan tahan terhadap unsur yang bersifat merusak. Manfaat *pre-mix mortar* adalah sebagai bahan perekat dapat menutupi atau menghilangkan permukaan bata yang tidak rata untuk menyalurkan beban. Fungsi *pre-mix mortar* dalam plesteran untuk mengawetkan pemasangan bata, meratakan permukaan tembok, pengikat antara pemasangan bata yang satu dengan bata yang lain, sehingga aksi komposit keduanya dapat terbentuk (Wenno, 2014).

Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, maupun semen Portland. Bila bahan perekatnya adalah liat, maka mortarnya adalah lumpur (mud mortar). Jika bahannya dari kapur (dapat juga disebut semen merah) disebut dengan mortar kapur, serta bila perekatnya adalah semen portland disebut dengan mortar semen. Bahan perekat yang dicampurkan dengan air akan menjadi

pasta yang berfungsi untuk merekatkan butiran-butiran pasir. Beberapa jenis mortar pasir, tanah liat (lumpur) dan air. Bahan-bahan tersebut dicampur sampai rata dan mempunyai kelecakan (tingkat kekentalan) dibedakan berdasarkan bahan perekatnya antara lain:

- a) Mortar lumpur (yang dibuat dari keenceran) yang cukup baik. Perbandingan bahan-bahan harus tepat untuk memperoleh adukan yang baik. Bila terlalu banyak pasir di dalam adonan, maka daya perekatnya menjadi semakin kurang baik.
- b) Mortar kapur dibuat dari pasir, semen merah, kapur dan air. Semen merah berfungsi sebagai pozolan untuk membantu reaksi antara batu kapur dan air. Namun semen merah sendiri bila dicampur dengan air tidak akan bereaksi. Kapur, semen merah mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Air ditambahkan agar adonan menjadi kelecakan adonan yang tepat. Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan, sehingga jumlah pasir umumnya dipakai dua atau tiga dari volume kapur. Mortar ini biasa dipakai dalam pembuatan dinding tembok batu bata.
- c) Mortar semen dibuat dari pasir, semen portland dan air. Perbandingan antara volume semen dan pasir berkisar antara 1:2 dan 1:6 atau lebih besar. Mortar ini memiliki daya rekat yang terbesar dari kedua mortar diatas. Oleh karena itu mortar ini banyak dipakai untuk tembok, pilat, kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini memiliki sifat kedap terhadap air, maka banyak diaplikasikan pada plesteran bagian luar bangunan dan berada di bawah tanah.
- d) Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus seperti jenis (a), (b), dan (c) diatas dengan aplikasi tertentu. Pertama, mortar ringan diperoleh dengan penambahan asbestos, fiber, juta fibres (serat rami), butiran kayu, serbuk gergajian kayu dan

sebagainya. Mortar ini memiliki sifat peredam panas dan suara yang baik. Kedua mortar tahan api diperoleh dengan ditambahkan aluminos *cement* dengan perbandingan serbuk alumina dan dua bubuk bata api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api.

Mortar memiliki kuat tekan yang bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya dan perbandingannya. Pada umumnya kuat tekan mortar semen berkisar antara 3-17 Mpa, sedangkan untuk mortar kapur antara 0,4-0,7 Mpa. Mortar semen mempunyai berat jenis antara 1,8-2,2, sedangkan untuk mortar kapur 1,8-1,9 (Oka, 2006). Tabel 2.1 menunjukkan standard SNI 6882:2014

**Tabel 2. 1** Persyaratan Mortar (SNI 6882:2014)

Mortar	Tipe	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)	Retensi air, min %	Kadar udara maks %	Rasio agregat (diukur dalam konsisi lembab, lepas)
Semen kapur	M	17,2	75	12	Tidak kurang dari 2¼ dan tidak lebih dari 3½ jumlah dari volume terpisah dari material sementisius
	S	(2500)	75	12	
	N	12,4	75	14	
	O	(1800)	75	14	
Semen mortar	M	5,2 (750)	75	12	
	S	(2500)			
	N	12,4			
	O	(1800)			
Semen pasangan	M	2,4 (350)	75	18	
	S	(2500)			
	N	17,2			
	N	(2500)			

	O	12,4 (1800) 5,2 (750) 2,4 (350)	75	20	
--	---	--	----	----	--

Sesuai dengan Tabel 2.1 Mortar memiliki beberapa tipe, yaitu

- Mortar tipe M  
Mortar Tipe M merupakan mortar dengan memiliki kuat tekan yang tinggi. Kuat tekannya adalah 17,2 MPa.
- Mortar tipe N  
Mortar jenis ini memiliki kuat tekan yang sedang. Kuat tekan minimumnya adalah 12,4 MPa.
- Mortar tipe S  
Mortar tipe S adalah adukan dengan kuat tekan sedang. Kuat tekan minimumnya adalah 5,2 MPa.
- Mortar tipe O  
Mortar tipe O adalah adukan yang memiliki kuat tekan yang rendah. Kuat tekan minimumnya adalah 2,4 MPa.

## 2.3. Eceng Gondok

### 2.3.1 Definisi Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tanaman yang hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Dapat dilihat pada Gambar 2.4, eceng gondok tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Akarnya merupakan akar serabut.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berkembang biak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Pada umumnya eceng gondok tumbuh dengan cara vegetatif yaitu, dengan menggunakan stolon. Kondisi optimum bagi perkembangannya memerlukan kisaran waktu antara 11 – 18 hari.



**Gambar 2. 4** Eceng Gondok (Putera, 2012)

Populasi eceng gondok yang terus bertambah setiap harinya menjadi permasalahan yang harus segeradicari solusinya. Telah dilakukan beberapa pemanfaatan eceng gondok seperti pengolahan eceng gondok sebagaikertas seni (Pasaribu dan Sahwalita, 2006) dan pengolahan lain seperti pembuatan bioetanol dan papan partikel (Willy dan Deddy, 2010). Namun pengolahan tersebut masih dalam taraf teknologi sederhana. Jika dilihat dari kandungannya, dapat diketahui bahwa eceng gondok yang selama ini dianggap gulma memiliki kandungan selulosa yang tinggi, yaitu sebesar 25%, hemiselulosa 33% dan lignin 10% (Bolenz dkk., 1990; Poddar dkk.,1991 dan Gressel, 2008).

### **2.3.2 Komponen-Komponen pada Eceng Gondok**

Komposisi kimia eceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Eceng gondok mempunyai sifat – sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam – logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5 %. Kandungan kimia batang eceng gondok yaitu memiliki selulosa sebesar 60% , lignin 17 % dan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2. 2 Komposisi Eceng Gondok (Ahmed, 2012)**

Kandungan Kimia	Kandungan (%)
Selulosa	60
Hemiselulosa	8
Lignin	17

#### 2.4 Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )

Kalsium karbonat adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CaCO}_3$ . Ini adalah zat yang umum ditemukan di berbagai bagian dunia, dan merupakan komponen utama dari cangkang organisme laut, siput, mutiara, dan kulit telur. (Waltham, 1994).

**Gambar 2.5** Kalsium Karbonat (Anwardah, 2018)

$\text{CaCO}_3$  memiliki tiga jenis fase kristal, yaitu: kalsit dengan morfologi rombig (kotak miring), aragonite dengan morfologi jarum, dan vaterit dengan morfologi sferoid berpori.

- Kalsit  
kalsit merupakan fase kristal yang paling mudah terbentuk akibat kestabilan fasenya. Biasanya ditemukan pada Kalsit

adalah mineral utama dalam marmer metamorf. Hal ini juga terjadi sebagai lapisan mineral dari mata air panas, dan itu terjadi di gua-gua sebagai stalaktit dan stalagmit. Kalsit juga dapat ditemukan dalam batuan vulkanik.

- Vaterit

vaterit merupakan fase yang paling tidak stabil dan paling sulit terbentuk. Pembentukan fase vaterit dipengaruhi oleh banyak parameter, seperti: pH, temperatur, dan konsentrasi reaktan.

- Aragonit

Fase ini terbentuk dari kondisi supersaturasi rendah dan membutuhkan temperatur larutan tinggi. Fase kristal  $\text{CaCO}_3$  dengan morfologi berbentuk jarum ini biasanya disintesis pada temperatur di atas  $60^\circ\text{C}$ .

Batu kapur memang merupakan sumber utama kalsium karbonat. Di pasaran, kalsium karbonat dijual dalam dua jenis yang berbeda. Yang membedakan kedua jenis produk tersebut terletak pada tingkat kemurnian produk kalsium karbonat di dalamnya. Kedua jenis produk kalsium karbonat atau  $\text{CaCO}_3$  yang dimaksud adalah heavy and light types.

Kalsium karbonat heavy type diproduksi dengan cara menghancurkan batu kapur hasil penambangan menjadi powder halus, lalu disaring sampai diperoleh ukuran powder yang diinginkan.

Berdasarkan hal tersebut kalsium karbonat dapat bermanfaat untuk berbagai bidang, sebagai berikut.

- a. Pertanian

Kalsit di sini bermanfaat sebagai pemupukan tanah, keasaman tanah akan berkurang dengan cara pengapuran, yaitu menggunakan kapur tohor (quicklime), kapur padam (hydratedlime), ataupun dalam bentuk tepung yang biayanya lebih murah dibandingkan dengan jenis lainnya.

b. Industri kimia

Di industri kimia, kalsit digunakan memproduksi kaustik soda dan alkali lainnya dengan menggunakan solvany proses. Light calcite berfungsi sebagai filler, extender coating pada industry kertas, cat, ban, pelapis, karet farmasi dan plastic. Heavy calcite digunakan dalam industry keramik, gelas, barang-barang gelas, kimia, bahan galian bukan logam, dan sebagainya.

c. Industry makanan

Kalsit digunakan untuk pemurnian gula bit. Digunakan juga untuk mengolah sisa produk pada pabrik pengawetan, mengurangi keasaman buah kalengan dan persiapan penggilingannya.

d. Industri metalurgi

Kalsit dengan kualitas tinggi diperlukan dalam pembuatan baja sebagai fluks yang berfungsi untuk mengikat material pengotor atau sebagai slag, seperti fosfor, belerang, silica dan alumina. Dalam peleburan aluminium dengan metode Bayer, kalsit dan kaustik soda merupakan bagian penting yang berfungsi untuk menghancurkan bijih bauksit. Kalsit juga digunakan dalam flotasi logam non besi seperti tembaga, seng, timah hitam, perak dan uranium.

e. Industry konstruksi

Batu kalsit termasuk sebagai material konstruksi, sebagai fondasi jalan atau bangunan yang menstabilkan tanah.

## 2.5 Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas (Maloney, 1993). Menurut Hesty (2009), papan partikel adalah lembaran hasil



pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlognoselulosa lainnya dengan perekat organik dan bahan lainnya. Kualitas papan partikel merupakan fungsi dari beberapa faktor yang berinteraksi dalam proses pembuatan papan partikel tersebut. Sifat fisis dan mekanis papan partikel seperti kerapatan, modulus patah, modulus elastis dan keteguhan rekat internal serta pengembangan tebal merupakan parameter yang cukup baik untuk menduga kualitas papan partikel yang dihasilkan (Haygreen dan Bowyer 1986, dalam Fuadi 2009).

Syarat mutu suatu papan partikel di Indonesia telah diatur dalam standar SNI 03–2105–2006 yaitu:

1. Keadaan Permukaan  
Tidak diperkenankan adanya keropos, lapuk, lekang dan goresan pada papan partikel.
2. Ukuran dan Kesikuan  
Toleransi panjang dan lebar  $\pm 3$  mm. Toleransi kesikuan: perbedaan dari garis siku maksimum 2 mm. Toleransi tebal disajikan pada Tabel 2.3 dan 2.4.

**Tabel 2. 3** Toleransi Tebal Papan Partisi (SNI 03-2105-2006)

No.	Macam Papan Partikel	Tebal (mm)	Toleransi Tebal (mm)		
			Tidak diamplas	Diamplas	Dekoratif
1	Papan partikel biasa	< 15	$\pm 1,0$	$\pm 0,3$	-
		> 15			
2	Papan partikel berlapis venir	< 20	$\pm 1,2$	$\pm 0,3$	-
		> 20	$\pm 1,5$	$\pm 0,3$	
3	Papan partikel dekoratif	< 18	-	-	$\pm 0,5$
		> 18	-	-	$\pm 0,6$

### 3. Penyerapan Air

Untuk papan partikel tipe 24 – 10 dan 17,5 – 10,5 bila tebalnya  $\leq 12,7$  mm, maksimum 25% dan bila tebalnya  $> 12,7$  mm, maksimum 20 phr. Sedangkan untuk papan partikel lainnya maksimum 12%.

### 4. Kerapatan

Kerapatan papan partikel antara  $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$

### 5. Kekuatan Lentur

**Tabel 2. 4** Kekuatan Lentur Minimum Papan Partikel (SNI 03-2105-2006)

Jenis Papan Partikel	Tipe	Kekuatan Lentur ( $\text{Kgf/cm}^2$ )	
		Kering	Basah
Papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif	18	184	92
	13	133	66
	8	82	-

### 6. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik rata-rata minimum dari papan partikel yaitu sebesar  $3,1 \text{ kgf/cm}^2$  untuk tipe 18,  $2 \text{ kgf/cm}^2$  untuk tipe 13, dan  $1,5 \text{ kgf/cm}^2$  untuk tipe 8.

## 2.5.1 Papan Partikel Semen

Papan partikel semen merupakan komposit yang mirip dengan papan semen-asbes. Pengembangan panel papan partikel semen dengan *filler* serbuk kayu, bukan merupakan hal yang baru, karena telah dikembangkan selama lebih dari seabad (Papadopoulos, 2006). Papan partikel semen yang menggunakan partikel kayu sebagai *filler* memiliki kekakuan, ketangguhan patah yang dan rasio kekuatan yang baik. Kayu merupakan sumber daya alam yang terbarukan, biaya yang rendah, serta fleksibilitas dalam pemrosesan dan memiliki ketahanan termal dan akustik yang baik. Komponen semen ini hanya berfungsi sebagai pengikat saja dan

sebagai lapisan penghalang dari kelembaban udara yang dapat melapukkan papan partikel dan tahan terhadap serangan biologis (Coretti, 1998).

Sifat yang lebih penting adalah memiliki sifat retardan (tahan api), pembekuan, tahan air dan lebih tahan terhadap pelapukan dan bebas dari kandungan asbes, zat berbahaya yang mudah menguap, dan debu yang dihasilkan dari proses produksi papan tidak bersifat agresif. Di saat ini, dunia sudah mulai peduli dengan lingkungan dan nilai ekonomis, mencetus penelitian dalam pengembangan bahan baru untuk konstruksi, terutama pada panel komposit yang terbuat dari kayu ber-lignoselulosa yang berasal dari alam yang terbarukan (Das, 2012). Papan semen memiliki sifat yang lebih baik jika disbanding dari produk papan partikel lain seperti yang tertera pada Tabel 2.5

**Tabel 2. 5** Perbandingan Sifat Papan Semen dengan Produk Papan Semen

Sifat	Cement Bond Particle Board	Wood Particle Board (Urea-Resin Board)	Asbestos Cement Board	Gypsum Board
Kerapatan (kg/cm <sup>3</sup> )	1100 - 1250	600 - 700	1800	850 - 1100
Kuat lentur (kp/cm <sup>3</sup> )	90 - 120	120 - 200	Rata - rata 150.000	-
MOE (kp/cm <sup>3</sup> )	30.000	24.000 - 30.000	-	-
IB (kp/cm <sup>3</sup> )	4 - 6	3 - 6		-
Pengembangan tebal (%) setelah	0,8 - 2,0	2,0 - 6,0	0,5 - 0,8	-

perendaman air selama: 2 jam-24 jam				
Kekuatan tekan (kp/cm <sup>3</sup> )	150	100	Rata-rata 500	-
Koefisien penghantar Panas Kcal/m <sup>2</sup> /h°C	0,155 – 0,220	0,120	0,3	0,3

Simatupang (1974) menyatakan bahwa bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen dan partikel kayu dapat diklasifikasikan menjadi tiga golongan, yaitu:

- a. Papan semen kayu yang memiliki berat jenis lebih kecil atau sama dengan 0,7 digunakan untuk bahan insulasi, dinding, atap pabrik, terutama di daerah beriklim panas atau tropis
- b. Papan semen kayu yang memiliki berat jenis antara 0,7 – 0,9 dapat digunakan sebagai dinding bangunan pada bangunan di daerah tropis.

Papan semen kayu yang memiliki densitas diatas 0,9 banyak diaplikasikan pada lantai bangunan (Simatupang, 1974).

## 2.6 Bata Ringan

Bata ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, tahan air dan api, awet (durable). Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung. Ada 2 jenis bata ringan yang sering digunakan pada dinding bangunan, yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Kedua jenis bata ringan ini terbuat dari bahan dasar semen, pasir dan kapur, yang berbeda adalah cara pembuatannya.

Dikutip dari Lee, Abe. (2005) bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan. Sedangkan menurut Kristanti, N., Tansajaya, A. (2008) bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, foam/busa berfungsi sebagai media untuk membungkus udara.

### **2.6.1. Bata Ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete)**

Bata ringan CLC adalah salah satu tipe bata ringan yang diproduksi dengan memasukan butiran gelembung udara pada campuran mortar bata, dimana butiran udara tersebut harus mampu mempertahankan struktur gelembung tersebut selama periode pengerasan (curing) tanpa menyebabkan reaksi kimia. Campuran dari CLC antara lain semen, pasir halus, air dan foam khusus begitu mengeras menghasilkan bata ringan yang kuat dengan kandungan juataan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. CLC memiliki densitas antara 400 kg/m<sup>3</sup> hingga 1800 kg/m<sup>3</sup>. Namun untuk pekerjaan struktur, densitas CLC yang baik untuk digunakan berkisar antara 1200 kg/m<sup>3</sup> hingga 1400 kg/m<sup>3</sup>. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan CLC antara lain :

- a. Memberikan insulasi panas dan suara yang baik. Sebagai contohnya dinding CLC 125 mm memberikan insulasi empat kali lebih baik daripada dinding bata 230 mm
- b. Bentuk stabil walaupun terkena air tambahan. Sedangkan pada bata ringan yang menggunakan terkena air tambahan.
- c. Keuntungan untuk daerah terpencil karena hanya membutuhkan semen dalam pembuatannya. Berbeda

dengan aerated concrete menggunakan bubuk alumunia yang masih menggunakan pasir dalam pembuatannya.

- d. Lebih mudah dipompa saat pengecoran karena tidak ada agregat.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembuatan CLC antara lain :

- a. Tipe foaming agent
- b. Foam generator yang digunakan
- c. Komposisi campuran dan waktu pencampuran (mixing time)
- d. Tipe dan ukuran pasir
- e. Metode curing

*Cellular Lightweight Concrete* (CLC) dapat diproduksi dengan berbagai macam jenis kepadatan, yang berkisar antara 400 kg/m<sup>3</sup> sampai 1800 kg/m<sup>3</sup> yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya yaitu :

1. Kepadatan rendah (400-600 kg/m<sup>3</sup>) biasa digunakan untuk bahan isolasi, sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan thermocole, glasswool, woodwool, dan lain-lain.
2. Kepadatan sedang (800-1000 kg/m<sup>3</sup>) dapat digunakan untuk pembuatan precast blocks dengan dimensi 500x250x200/100 mm yang digunakan sebagai dinding (pengganti batu bata).
3. Kepadatan tinggi (1200-1800 kg/m<sup>3</sup>) dengan kuat hancur (*crushing strength*) antara 65-250 kg/m<sup>3</sup>, biasa dipakai sebagai struktur.(Arita, 2017).

## 2.7 Penelitian Sebelumnya

Pengelolaan kembali limbah menjadi hal yang utama dilakukan pada saat ini, ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pengolahan limbah dengan cara yang efektif, efisien dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari proses engineering yang menggabungkan *suistainable engineering* dan *green engineering*. Hal tersebut bertujuan untuk

mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah terhadap lingkungan selain itu juga dapat memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan. Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk peningkatan performa dari material bangunan khususnya dinding partisi dengan pemanfaatan sampah plastik sebagai penguat. Diharapkan melalui penelitian ini didapatkan solusi yang mudah dan efektif.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijaya, D., dan Sumiyanto, J. (2013), kajian kuat tekan beton dengan kalsium karbonat sebagai substitusi sebagian portland cement, pada umur beton 28 hari dengan variasi penambahan kalsium karbonat 0%, 2.5%, 5%, 7.5%. Hasil kuat tekan yang didapat pada penelitian tersebut, secara berurutan didapatkan. Kuat tekan sebesar 30,234 Mpa, kalsium karbonat 5% kuat tekan sebesar 35,519 MPa, dan kalsium karbonat 7,5% kuat tekan sebesar 29,519 MPa. Kuat tekan dengan kalsium karbonat 5% mengalami 8 peningkatan sebesar 17% dan kuat tekan dengan kalsium karbonat 7.5% mengalami penurunan sebesar 3%.

Setahun sebelumnya (2012) Kadima, R. G melakukan penelitian dengan menggunakan variasi beton dengan bahan aditif kalsium karbonat dengan *replacement* pada umur 28 hari. Didapatkan hasil kuat tekan sebesar 17,56 Mpa pada komposisi *replacement* 5% kalsium karbonat dan *replacement* 7,5% dengan kuat tekan sebesar 14,63 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh Paramatya, E. pada tahun 2014. Menggunakan variasi beton pengeboran dengan bahan aditif kalsium karbonat tanpa menggunakan agregat dengan *replacement* 1.17% dan 2.28% pada umur 28 hari. Hasil yang didapat pada penelitian tersebut, kuat tekan 22,85 MPa pada *replacement* 1.17% dan *replacement* 2,28% kuat 19,36 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurramadhan, W, dkk, menggunakan eceng gondok sebagai *filler* papan partikel, dengan hasil penelitian Sifat fisik papan partikel eceng gondok 10mesh dan

---

UF 10 phr ditinjau dari pengujian kerapatan memenuhi nilai kerapatan papan partikel SNI 03-2105-2006 yaitu 0,4-0,9gr/cm<sup>3</sup>. Sifat mekanik papan partikel eceng gondok 10mesh dan UF 10 phr ditinjau dari pengujian keteguhan lentur tidak memenuhi nilai keteguhan lentur papan partikel SNI 03-2105- 2006 yaitu 82 kg/cm<sup>2</sup>.

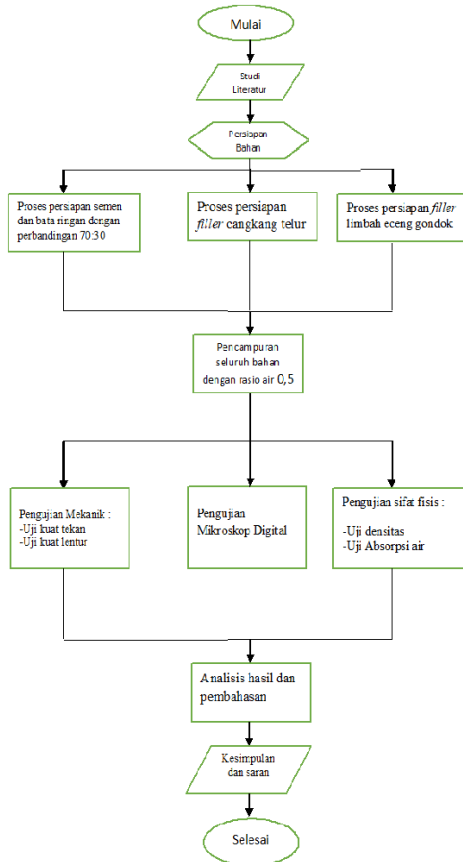
Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk peningkatan performa dari material bangunan khususnya dinding partisi dengan pemanfaatan eceng gondok dan cangkang telur sebagai penguat. Diharapkan melalui penelitian ini didapatkan solusi yang mudah, efektif, dan efisien untuk pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan mampu mengurangi dalam jumlah yang besar. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi yang baik untuk perkembangan industri pengolahan limbah organik yang dapat memberikan dampak sosial dan ekonomi yang positif kepada masyarakat.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan tahapan yang ditunjukkan pada diagram alir dibawah ini:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Shieving

Gambar 3.2 digunakan untuk mengayak bata ringan, eceng gondok, dan cangkang telur, dengan ukuran 18, 10, dan 100 mesh.



**Gambar 3. 1** *Shieving*

2. Mikroskop Digital

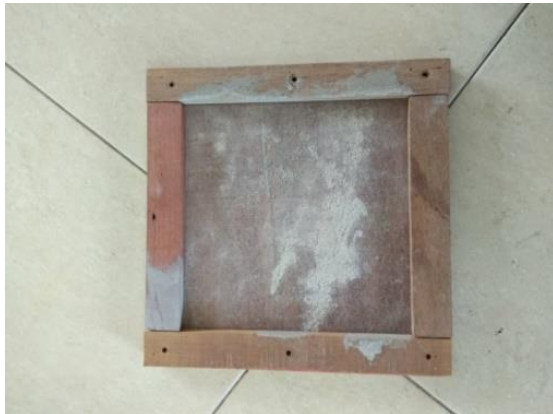
Gambar 3.3 merupakan mikroskop digunakan untuk mengetahui porositas dan persebaran *filler* didalam komposit, yang merupakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS.



**Gambar 3. 2** Mikroskop Digital

3. Cetakan

Gambar 3.4 merupakan cetakan yang untuk adonan dengan ukuran yang sudah ditentukan oleh standart.



**Gambar 3. 4** Cetakan

## 4. Oven

Gambar 3.5 digunakan untuk menghilangkan kadar air pada eceng gondok dan cangkang telur, sebelum dihancurkan menjadi bubuk.



**Gambar 3. 5** Oven

## 5. Timbangan Digital

Gambar 3.6 adalah timbangan digital yang digunakan untuk mengukur komposisi bahan yang akan digunakan.



**Gambar 3. 6** Timbangan Digital

#### 6. Alat Uji Bending

Gambar 3.7 merupakan alat untuk pengujian bending milik Laboratorium Inovasi material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.



**Gambar 3. 7** Alat Uji *Bending*

7. Alat Uji Tekan

Gambar 3.8 merupakan alat untuk pengujian kekerasan milik Laboratorium Inovasi material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS.



**Gambar 3. 8** Alat Uji Tekan

### 3.2.2. **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Serat Eceng Gondok  
Batang eceng gondok yang sudah dihilangkan zat lignin (delignifikasi), kemudian di panggang untuk menghilangkan kadar air dan dihancurkan sampai ukuran 2mm (10 mesh).
2. Cangkang Telur  
Cangkang telur dibersihkan dengan air panas. Kemudian dikeringkan pada oven dengan temperature 105° selama 30 menit. Setelah itu cangkang telur dihancurkan sampai mesh 100.
3. Semen  
Semen mortar merupakan semen yang digunakan untuk mengikat campuran pada semen partikel.
4. Bata Ringan

Bata Ringan dihancurkan sampai ukuran 18 mesh, kemudian dicampurkan ke dalam adonan campuran sesuai perhitungan.

5. Aquades

Aquades digunakan untuk pengujian water absorbibility dan campuran pada adonan semen.

### 3.3. Variabel Penelitian

Tabel dibawah ini menunjukkan variabel yang digunakan dalam penelitian :

**Tabel 3. 1** Variabel Penelitian Filler Eceng Gondok

No	Komposisi Campuran S : BR : EG	Pengujian				
		Mikroskop	Kompresi	Absorpsi Air	Beban Lentur	Densitas
1	70/30/0	✓	✓	✓	✓	✓
2	70/30/10	✓	✓	✓	✓	✓
3	70/30/20	✓	✓	✓	✓	✓
4	70/30/30	✓	✓	✓	✓	✓

S : Semen, BR : Bata Ringan, EG : Eceng Gondok

**Tabel 3. 2** Variabel Penelitian Filler Cangkang Telur

No	Komposisi Campuran S : BR : CT	Pengujian				
		Mikroskop	Kompresi	Absorpsi Air	Beban Lentur	Densitas
1	70/30/0	✓	✓	✓	✓	✓



2	70/30/1 0	✓	✓	✓	✓	✓
3	70/30/2 0	✓	✓	✓	✓	✓
4	70/30/3 0	✓	✓	✓	✓	✓

S : Semen, BR : Bata Ringan, CT : Cangkang Telur

**Tabel 3. 3** Variabel Penelitian Filler Campuran

No	Komposisi Campuran S : BR : EG : CT	Pengujian				
		Mikroskop	Kompresi	Absorpsi Air	Beban Lentur	Densitas
1	70/30/5/ 5	✓	✓	✓	✓	✓
2	70/30/1 0/10	✓	✓	✓	✓	✓
3	70/30/1 5/15	✓	✓	✓	✓	✓

S : Semen, BR : Bata Ringan, EG : Eceng Gondok, CT : Cangkang Telur

### 3.4. Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Bahan

Pelaksanaan penelitian yang baik memerlukan persiapan bahan yang baik dan benar, agar analisis yang dihasilkan menjadi baik dan menghasilkan produk spesimen yang diinginkan.

##### 3.4.1.1 Pembuatan Serbuk Eceng Gondok

1. Batang eceng gondok dipotong, hingga ukuran +/- 2cm
2. Kemudian eceng gondok dikeringkan pada oven dengan temperatur 150°C selama 3 jam.
3. Eceng gondok dihancurkan dengan menggunakan blender hingga berukuran 2mm (10 mesh).

---

### 3.4.1.2 Pengolahan Cangkang Telur

1. Cangkang telur dibersihkan dan direndam dengan menggunakan air panas.
2. Kemudian cangkang telur dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 30 menit.
3. Setelah itu cangkang telur dihancurkan sampai berukuran 60 mesh.

### 3.4.2 Proses Pembuatan Komposit

Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan papan semen partikel komposit yang dibuat :

1. Pertama-tama bata ringan dihancurkan terlebih dahulu hingga menjadi halus, kemudian dilakukan proses *shieving* hingga ukuran 18 Mesh
2. Pembuatan komposit dilakukan dengan menimbang berat dari campuran semen dengan bata ringan dan filler eceng gondok dan cangkang telur.
3. Bahan-bahan yang sudah ditimbang sesuai dengan perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam wadah untuk dihomogenisasi.
4. Setelah proses homogenisasi, campuran tersebut kemudian ditambahkan air dan kemudian dihomogenisasi kembali.
5. Kemudian tuangkan campuran adonan semen ke dalam cetakan yang ukurannya sudah ditentukan, dan menunggu waktu pengeringan satu hari.
6. Setelah itu skem pada cetakan dan membalikkan spesimen uji supaya pengeringan lebih merata.

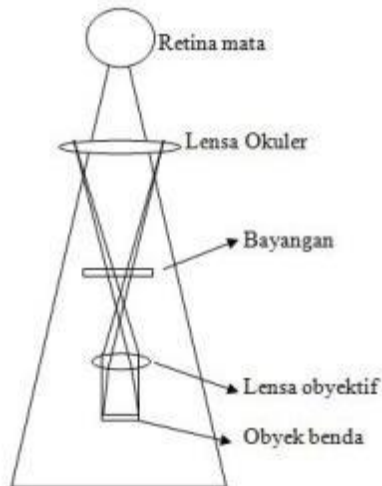
## 3.5. Pengujian

### 3.5.1. Pengujian Mikroskop Digital

Pengujian mikroskop optik bertujuan untuk mempelajari morfologi (bentuk permukaan), persebaran partikel, dan keberadaan pori. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10mm x 10mm x 3mm seperti ditunjukkan pada gambar 3.9. Pengujian mikroskop menggunakan alat bernama *digital*

---

*microscope USB* dimana menggunakan sinar pantul dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Adapun cara kerja dari mikroskop adalah dengan memusatkan berkas sinar yang tampak oleh mata untuk membentuk bayangan objek yang diperbesar. Sumber cahaya dapat berasal dari cahaya matahari maupun cahaya lampu listrik. Kekuatan pembesaran mikroskop cahaya merupakan perkalian kekuatan lensa-lensa penyusunannya, yaitu kekuatan lensa objektif dan lensa okuler. Sebelum melakukan pengujian dilakukan kalibrasi untuk mengetahui nilai perbesaran yang dihasilkan menggunakan standar ASTM E 1951.



**Gambar 3.9** Skema Pengujian Mikroskop

### 3.5.2. Pengujian Absorpsi Air

Pengujian absorpsi air digunakan untuk mengetahui perubahan berat papan partikel akibat dari pengaruh penyerapan air yang masuk ke dalam papan partikel semen. Pengujian absorpsi air

digunakan untuk menentukan persentase penyerapan air yang dapat diketahui pada persamaan 3.1 di bawah ini:

$$\text{Water Absorbibility} = \frac{A - B}{B} \times 100$$

.....(3.1)

Keterangan:

A = berat basah (gram)

B = berat kering (gram)

Pengujian absorpsi air berdasarkan ASTM D570 dimana untuk menentukan nilai dari absorpsi air maka diketahui terlebih dahulu berat awal spesimen, kemudian spesimen direndam ke dalam air selama 24 jam untuk diketahui berat basahnya. Setelah proses perendaman dengan air, spesimen dilap menggunakan kain hingga kering, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering. Kemudian data tersebut dihitung berdasarkan persamaan (3-1) untuk mengetahui nilai persentase absorpsi air pada papan partikel semen.

### 3.5.3. Pengujian Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas Wood Plastic Composites digunakan standar ASTM D-2395 dan dihitung dengan persamaan 3.2 berikut

$$\rho_{pc} = \frac{m_s}{m_g - m_k} \times \rho_f$$

.....(3.2)

Keterangan:

- $\rho_{pc}$  : densitas (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_f$  : densitas fluida (gr/cm<sup>3</sup>)
- $m_s$  : massa sampel kering (gr)
- $m_g$  : massa sampel digantung didalam air (gr)
- $m_k$  : massa kawat penggantung (gr)

Dalam proses pengujiannya spesimen ditimbang terlebih dahulu. Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam akuades (berada di gelas beker di atas timbangan) dengan posisi digantung menggunakan benang. Posisi spesimen tidak boleh menyentuh dinding maupun dasar gelas. Setelah kita dapatkan massa spesimen yang menggantung, kita dapat mengetahui volume spesimen yang ada dengan cara membaginya dengan massa jenis dari akuades.

### 3.5.4. Pengujian Densitas

Pengujian kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode *threepoint bend*, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D-790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 127x12.3x3 mm. Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan 3.3 berikut.

$$\sigma_f = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

.....(3.3)

### 3.5.5 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Dalam pengujian ini standar yang digunakan adalah SNI 03-0691-1996. Ukuran dimensi spesimen adalah 5cmx5cmx5cm. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan pada persamaan 3.4

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

.....(3.4)

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini telah dilakukan pencampuran antara semen, bata ringan, eceng gondok, dan cangkang telur. Dari proses pencampuran tersebut diperoleh material Komposit dengan komposisi matriks semen dengan pengisinya bata ringan adalah 70:30. Kemudian diberi pengisi tambahan berupa eceng gondok dengan komposisi 10 phr, 20 phr, dan 30 phr, cangkang telur sebesar 10 phr, 20 phr, dan 30 phr, dan pengisi campur sebesar 5%, 10 phr, dan 15%. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dengan karakteristik dan analisis sebagai berikut.

#### **4.1. Analisis Hasil Uji Kuat Lentur**

Sifat mekanik pada sebuah material penting untuk diketahui agar material tersebut dapat diaplikasikan sesuai dengan sifat dan kebutuhannya. Salah satu cara dalam menentukan sifat mekanik sebuah material adalah dengan mengukur kekuatan lentur. Kekuatan bending atau kekuatan lentur adalah tegangan lentur terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan (Sari, 2019).

Pengujian bending dilakukan dengan metode *three point bending* menggunakan standar pengujian ASTM D790. Dari pengujian diperoleh nilai kekuatan *bending* maksimum dengan variasi penambahan eceng gondok sebesar 106.52 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan *bending* minimum sebesar 101.82 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 berikut.

**Tabel 4.1** Hasil uji kelenturan pada *filler* eceng gondok

Komposisi	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
10 phr	102.46
20 phr	106.52
30 phr	101.82

Pengujian kelenturan kedua yaitu menggunakan variasi penambahan cangkang telur. Dari pengujian diperoleh nilai kekuatan *bending* maksimum sebesar 129.23 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan *bending* minimum sebesar 112.38 kgf/cm<sup>2</sup>. Variasi pengaruh penambahan komposisi cangkang telur terhadap kekuatan *bending* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Hasil uji kelenturan pada *filler* cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
10 phr	112.38
20 phr	118.98
30 phr	129.23

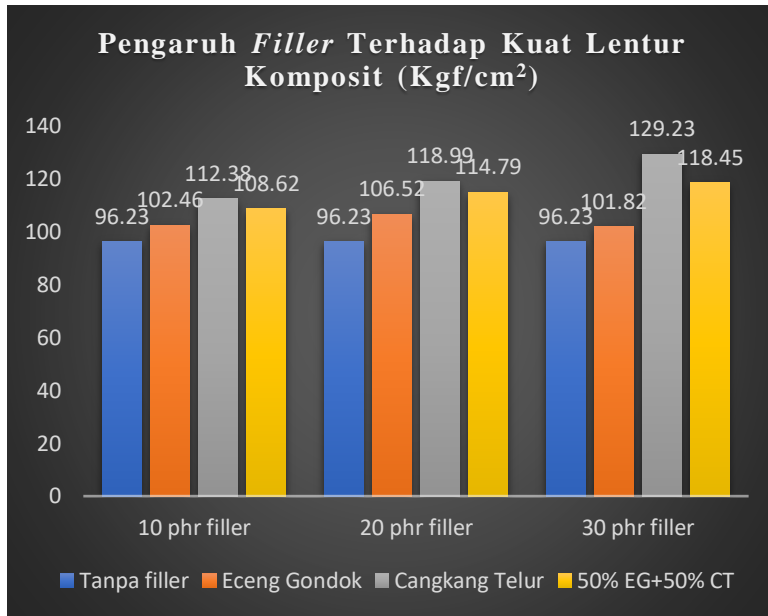
Pengujian dengan menggunakan komposisi penambah campuran eceng gondok dan cangkang telur, memiliki nilai *bending* maksimum sebesar 118.44 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan *bending* minimum sebesar 108.62 kgf/cm<sup>2</sup>. Pengaruh variasi penambahan *filler* campuran eceng gondok dan cangkang telur terhadap kekuatan *bending* komposit, dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.



**Tabel 4.3** Hasil uji kelenturan pada *filler* 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
10 phr	108.62
20 phr	114.78
30 phr	118.44

Dari hasil pengujian kuat lentur pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen nampak bahwa penambahan eceng gondok dan cangkang telur berpengaruh terhadap nilai kekuatan tekan pada spesimen komposit yang telah dibuat. Dari tabel tersebut terlihat bahwa komposit dengan komposisi *filler* cangkang telur memiliki kekuatan lentur yang lebih baik dibandingkan dengan komposisi *filler* lainnya, dengan kekuatan lentur sebesar 129.23 kgf/cm<sup>2</sup>, dengan persentase cangkang telur sebesar 30 phr volume. Sementara pada komposit dengan komposisi *filler* eceng gondok memiliki kekuatan lentur yang paling rendah yaitu 101.82 kgf/cm<sup>2</sup>, dengan persentase eceng gondok sebesar 30 phr volume. Apabila dibuat grafik, maka akan terlihat perbandingannya pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Pengaruh penambahan *filler* terhadap kuat lentur pada (a) eceng gondok (b) cangking telur (c) 50% eceng gondok+50% cangking telur

Gambar 4.1 menunjukkan penambahan *filler* eceng gondok dan cangking telur mempengaruhi nilai kekuatan lentur dari komposit tersebut sampai pada komposisi tertentu. Nilai maksimum kekuatan lentur dari penambahan *filler* eceng gondok yaitu  $106.52 \text{ kgf/cm}^2$ , dengan komposisi penambahan eceng gondok sebesar 20 phr. Penambahan *filler* cangking telur juga menambah kekuatan lentur dari spesimen uji, dengan kekuatan lentur maksimum sebesar  $129.23 \text{ kgf/cm}^2$ , pada penambahan komposisi cangking telur sebesar 30 phr. Terlihat bahwa penambahan *filler* campuran eceng gondok dengan cangking telur justru membuat kekuatan lentur dari spesimen uji berada diantara kedua *filler*.

Kenaikan nilai kuat lentur pada penambahan cangkang kerang menunjukkan bahwa cangkang kerang dapat mengisi rongga yang ada dalam komposit dengan baik sampai batas komposisi optimum yakni 30 phr (Rawiana, 2015). Penambahan serat eceng gondok akan meningkatkan kekuatan lentur dari komposit, hal ini disebabkan karena serat menjadi komponen tulangan yang disebarkan secara merata pada adukan beton sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan terlalu cepat akibat adanya pembebanan. Sedangkan terjadi penurunan pada komposisi 30 phr dengan kekuatan lentur sebesar  $101.82 \text{ kgf/cm}^2$ , diakibatkan karena banyaknya serat yang digunakan dalam adukan papan semen dapat mengakibatkan gumpalan serbuk, dimana serat akan berkaitan dan membentuk semacam gumpalan yang sangat berongga yang dapat mengurangi kekuatan (Nugraha dan Antoni, 2007).

Penambahan cangkang telur yang semakin besar pada komposit semen, maka kadar CaO yang diperoleh semakin tinggi. Hal ini disebabkan unsur terbanyak dari cangkang telur adalah  $\text{CaCO}_3$  dengan kandungan  $\text{CaCO}_3$  di dalam cangkang telur berkisar antara 94%. Di samping itu juga merupakan senyawa yang bereaksi dengan senyawa silika, alumina, dan besi yang akan membentuk senyawa potensial penyusun utama semen yaitu  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  (Purnawan, 2017).

*Tricalcium silicate* berperan penuh untuk pembentukan kekuatan pada komposit semen. Pada dua hari pertama  $\text{C}_3\text{S}$  akan sangat banyak terbentuk pada komposit semen dan berperan untuk meningkatkan kekuatan awalnya.

Pada *Dicalcium silicate* ( $\text{C}_2\text{S}$ ) berperan untuk meningkatkan kekuatan pada komposit, namun tidak secara drastis seperti *Tricalcium silicate*. *Dicalcium silicate* akan meningkatkan kekuatan komposit semen secara linear hingga umur komposit mencapai 28 hari. Setelah itu *Dicalcium silicate* akan tetap meningkatkan kekuatan komposit namun tidak secara linear dan secara sedikit demi sedikit (Smith, 2011).

Berdasarkan nilai *flexural strength* yang didapatkan dari pengujian kuat lentur pada seluruh spesimen uji, papan partikel sudah memenuhi standar SNI, serta menurut standar ISO 8335 tentang *flexural strength* dengan standar  $9 \text{ N/mm}^2$  ( $90 \text{ kgf/cm}^2$ ).

#### 4.2. Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan kompresi dari komposit yang terbuat dari semen, bata ringan, serta filler eceng gondok dan cangkang telur. Dengan mengetahui kekuatan kompresi dari material komposit, maka dapat dijadikan pertimbangan komposit yang dibuat untuk dijadikan bahan bangunan seperti ubin, paving block, dinding, papan partikel, dan lain-lain. Uji kompresi dilakukan di Laboratorium Material Inovatif, Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Hasil pengujian kompresi dapat dilihat pada Tabel 4.4, 4.5, dan 4.6 berikut.

**Tabel 4.4** Hasil uji kuat tekan pada *filler* eceng gondok

Komposisi	Rata-rata ( $\text{kgf/cm}^2$ )
10 phr	407.37
20 phr	408.57
30 phr	406.5

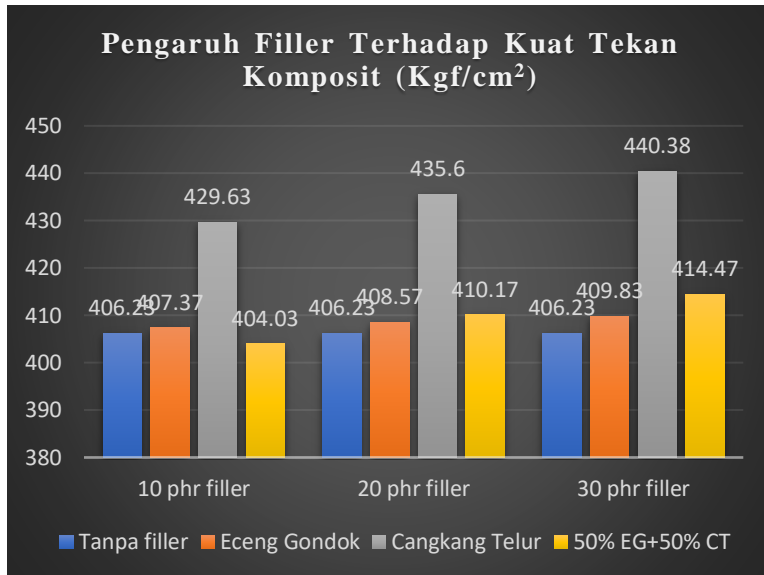
**Tabel 4.5** Hasil uji kuat tekan pada *filler* cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
10 phr	429.63
20 phr	435.6
30 phr	440.38

**Tabel 4.6** Hasil uji kuat tekan pada *filler* 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )
10 phr	404.03
20 phr	410.17
30 phr	414.47

Dari hasil pengujian kuat tekan pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen nampak bahwa penambahan eceng gondok dan cangkang telur berpengaruh terhadap nilai kekuatan tekan pada spesimen komposit yang telah dibuat. Dari tabel tersebut terlihat bahwa komposit dengan komposisi *filler* cangkang telur memiliki kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan dengan komposisi *filler* lainnya, dengan kekuatan sebesar 440.38 kgf/cm<sup>2</sup>, dengan persentase cangkang telur sebesar 30 phrvolume. Sementara pada komposit dengan komposisi *filler* eceng gondok memiliki kekuatan tekan yang paling rendah yaitu 406.5 kgf/cm<sup>2</sup>, dengan persentase eceng gondok sebesar 30 phrvolume. Apabila dibuat grafik, maka akan terlihat perbandingannya pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Pengaruh penambahan *filler* terhadap kekuatan tekan material pada (a)eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Pada Gambar 4.2 Menunjukkan bahwa *filler* eceng gondok memiliki kekuatan terendah yaitu sebesar 406.5 kgf/cm<sup>2</sup> dibandingkan penambahan filler cangkang telur yang justru meningkatkan kekuatan tekan dengan nilai kekuatan tertinggi yaitu 440.38 kgf/cm<sup>2</sup>.

Penambahan kekuatan kompresi pada penambahan eceng gondok karna adanya ikatan yang baik antara matriks (semen) dan *filler* (eceng gondok) pada spesimen uji sehinga menyebabkan nilai kuat tekan pada papan semen partikel meningkat. Penambahan serbuk eceng gondok yang maksimal yaitu sebesar 20 phr akan mudah bercampur dengan semen dan pasir sehingga mengakibatkan kuatnya ikatan semen dengan *filler*. Sebaliknya terlalu banyak penambahan serbuk eceng gondok akan menyebabkan kekuatan papan semen rendah karena ikatan semen

dengan *filler* tidak begitu kuat (Fitri, 2018). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Okwadha (2016), penambahan eceng gondok yang terlalu berlebih menyebabkan tingginya tingkat absorpsi air yang diakibatkan oleh sifat higroskopis pada eceng gondok, sehingga porositas akan semakin banyak.

Perbedaan kekuatan tekan yang cukup besar antara komposit dengan *filler* cangkang telur dan eceng gondok, hal ini diakibatkan, karena ketidakmampuan eceng gondok untuk mengisi celah-celah pada komposit, sehingga semakin banyak penambahan eceng gondok justru mengurangi kekuatannya. Cacat seperti *void* pada komposit dapat mempengaruhi pendistribusian beban yang dilakukan oleh matriks, jika terdapat tegangan yang terpusat pada daerah sekitar cacat maka sifat mekanik dari komposit tersebut akan menurun (Gaylord, 1974). Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widyatmaja (2014) yang menyebutkan spesimen yang memiliki *void* memiliki nilai kekuatan mekanik yang jauh menurun karena cacat tersebut menyebabkan initial crack yang cepat sehingga adanya konsentrasi tegangan saat komposit diberikan pembebanan.

Selain akan meningkatkan kadar CaO untuk pembentukan  $C_3S$  dan  $C_2S$  pada semen, penambahan  $CaCO_3$  pada cangkang telur akan menurunkan kadar MgO pada semen. MgO diperoleh dari peruraian (dekomposisi) *dolomite*,  $CaCO_3$ , dan  $MgCO_3$  yang terdapat dalam cangkang telur dan kandungan oksida logam MgO juga bisa berasal dari mineral-mineral tanah liat. Standar SNI 15-7064-2004 untuk kadar MgO adalah maksimum 6.0%. Kadar MgO yang terlalu tinggi di dalam semen pada efek jangka panjang menyebabkan semen mengalami ekspansi sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi bangunan. Selain itu juga menyebabkan kualitas semen menurun (Prabowo, 2017).

Dari eksperimen yang sudah dilakukan bahwa kenaikan nilai kuat lentur diiringi dengan kenaikan kuat tekan, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suhendra (2017) membuktikan bahwa adanya korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan beton dimana nilai kuat lentur sebanding dengan kenaikan kuat tekannya.

### 4.3 Hasil Uji Daya Serap Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan selisih antara berat basah dan kering dari spesimen dengan berat kering dari spesimen. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat dalam Tabel 4.7, 4.8, dan 4.9 berikut.

**Tabel 4.7** Penyerapan air pada *filler* eceng gondok

Komposisi	Rata-rata (%)
10 phr	15.36
20 phr	16.90
30 phr	19.58

**Tabel 4.8** Penyerapan air pada *filler* cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (%)
10 phr	11.82
20 phr	10.20
30 phr	8.77

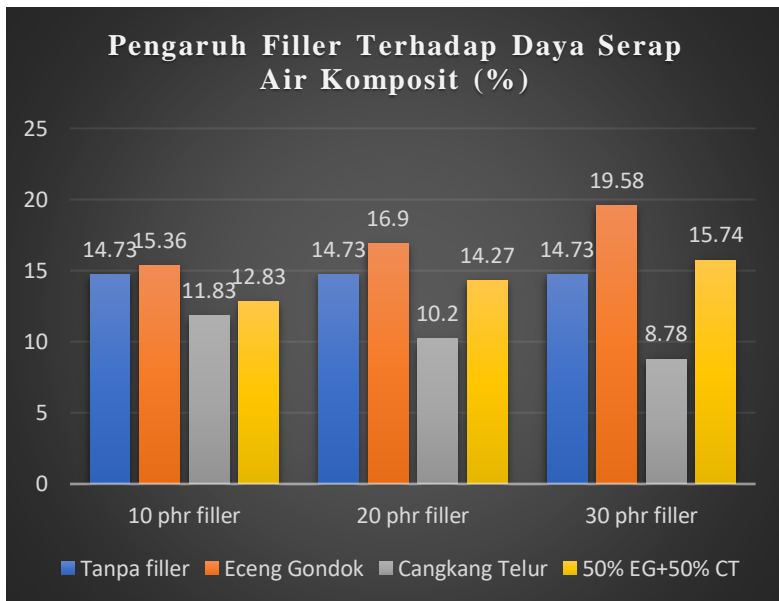
**Tabel 4.9** Penyerapan air pada *filler* 50% eceng gondok + 50% cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (%)
-----------	---------------



10 phr	12.84
20 phr	14.28
30 phr	15.74

Dari pengujian penyerapan air yang telah dilakukan, penambahan filler eceng gondok dengan komposisi 30 phr memiliki nilai penyerapan air paling besar dibandingkan dengan penambahan komposisi lainnya, yaitu sebesar 19.58%, sementara penyerapan air terkecil yaitu komposisi cangkang telur 30 phr dengan nilai penyerapan air sebesar 8.77%. Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti Gambar 4.3.



---

**Gambar 4.3** Pengaruh penambahan *filler* terhadap daya serap air material pada (a) eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Daya serap air merupakan sifat fisis papan komposit yang menunjukkan sifat kemampuan papan untuk menyerap air selama perendaman di dalam air. Pengujian daya serap air dilakukan secara bertahap pada tingkatan waktu tertentu. Air tersebut akan mengisi ruang-ruang kosong dalam papan komposit.. Pada gambar 4.3 diperlihatkan bahwa hasil pengujian daya serap air pada komposit akan semakin besar seiring dengan meningkatnya jumlah *filler* eceng gondok yang ditambahkan, dibanding dengan komposit tanpa *filler*. Semakin besar eceng gondok yang ditambahkan maka semakin besar daya serap air, hal ini dikarenakan eceng gondok memiliki sifat hidrofilik dengan nilai porositas sebesar 69-74.1% (Davies, 2011), sehingga air yang masuk melalui celah pada komposit terserap oleh eceng gondok. Hal ini berakibat berkurangnya kontak atau kekompakan antara matriks dengan *filler*, sehingga air atau uap air akan semakin mudah masuk ke dalam papan komposit (Umi, 2011).

Haygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa penyerapan air dapat terjadi karena adanya gaya absorpsi yang merupakan gaya tarik molekul air pada ikatan hidrogen yang terdapat dalam selulosa, hemiselulosa dan lignin. Semakin tinggi kerapatan papan komposit, maka ikatan antar partikel akan semakin kompak sehingga rongga udara dalam lembaran papan semakin kecil, dan keadaan tersebut akan menyebabkan air atau uap air menjadi sulit untuk mengisi rongga tersebut sehingga semakin kecil daya serap air papan komposit sehingga stabilitas papan tersebut semakin baik, demikian pula sebaliknya (Umi, 2011).

Komposit dengan *filler* eceng gondok memiliki daya serap air yang paling besar diantara yang lainnya, nilai terbesar yaitu 19.58% pada komposisi 30 phr *filler*. Sementara *filler* cangkang telur memiliki daya serap air yang paling rendah, dengan nilai terendah 8.77%. Pada percobaan ini, hanya komposit dengan *filler*

---

cangkang telur yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu sebesar tentang papan partikel dimana batas maksimum penyerapan air dari papan partikel yaitu sebesar 12%. Sedangkan untuk standar ISO 8335 tentang *moisture content*, komposit dengan *filler* cangkang telur sudah memenuhi standar yaitu sebesar 6-12%.

#### 4.4 Hasil Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari tiap spesimen agar dapat diketahui massa jenisnya. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hasil pengujian densitas dari spesimen papan partikel yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 4.10, 4.11, dan 4.12 berikut.

**Tabel 4.10** Densitas pada *filler* Cangkang Telur

Komposisi	Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
10 phr	1.45
20 phr	1.46
30 phr	1.47

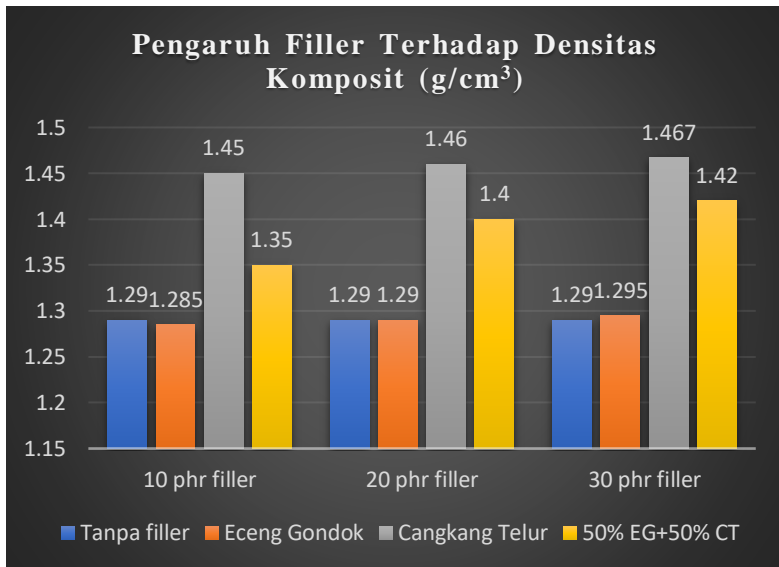
**Tabel 4.11** Densitas pada *filler* Eceng Gondok

Komposisi	Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
10 phr	1.28
20 phr	1.29
30 phr	1.295

**Tabel 4.12** Densitas pada *filler* 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Komposisi	Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
10 phr	1.35
20 phr	1.40
30 phr	1.42

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa pada komposit penambahan *filler* eceng gondok memiliki densitas yang paling kecil dengan nilai  $1.285 \text{ g/cm}^3$  pada komposisi eceng gondok sebesar 10 phr. Sedangkan komposit dengan penambahan cangkang telur memiliki densitas paling besar yakni sebesar  $1.467 \text{ g/cm}^3$  dengan komposisi cangkang telur sebesar 30 phr. Perbandingan dari densitas spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.4



**Gambar 4.4** Pengaruh penambahan *filler* terhadap densitas material pada (a)eceng gondok (b) cangkang telur (c) 50% eceng gondok+50% cangkang telur

Pada Gambar 4.4 diperlihatkan bahwa nilai densitas komposit dengan penambahan eceng gondok lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan akan meningkat nilai densitasnya seiring dengan pertambahan komposisi eceng gondok, kecuali pada penambahan *filler* sebesar 10 phr eceng gondok. Sedangkan pada penambahan cangkang telur nilai densitas menjadi lebih besar

dibanding dengan komposit tanpa *filler* dan nilai densitas akan semakin besar seiring dengan pertambahan komposisi cangkang telur, dengan nilai terbesar  $1.467 \text{ g/cm}^3$  pada komposisi 30 phr cangkang telur. Dari data yang disajikan menunjukkan bahwa penambahan ampas tebu akan menaikkan nilai densitas hingga pada komposisi 20 phr dan 30 phr, sementara penambahan cangkang telur akan menaikkan nilai densitas. Komposit dengan kombinasi penambahan campur akan menghasilkan nilai densitas yang berada diantara rentang nilai densitas komposit dengan penambahan eceng gondok dan komposit dengan penambahan cangkang telur.

Kenaikan densitas saat penambahan cangkang telur disebabkan karena cangkang telur memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan eceng gondok yaitu  $0.8 \text{ g/cm}^3$  berbanding  $0.074 \text{ g/cm}^3$ . Sesuai dengan persamaan *rule of mixture* dimana sifat dari suatu komposit, salah satunya densitas, dapat dipengaruhi oleh sifat dari material penyusunnya. Semakin besar fraksi volume material penyusun dengan densitas yang lebih besar, maka komposit yang terbentuk cenderung memiliki nilai densitas yang juga besar dan juga sebaliknya (Nurun, 2013).

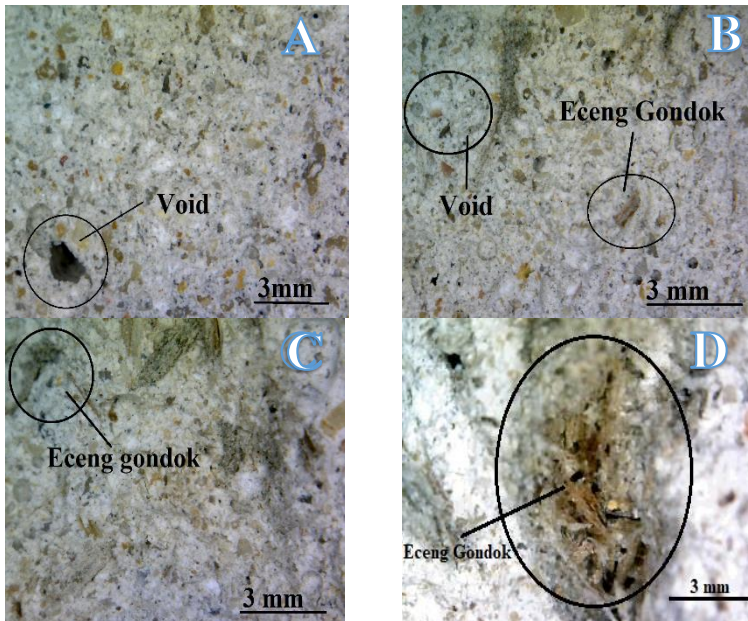
Dengan semakin bertambahnya komposisi pengisi serbuk cangkang telur dan eceng gondok dapat menyebabkan nilai kerapatan dari papan partikel menjadi meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya interaksi secara fisis antara perekat dengan pengisi melalui rongga-rongga yang diisinya, sehingga akan meningkatkan kekompakan ikatan antar partikel karena ruang kosong yang terdapat didalam papan tersebut semakin kecil, dengan demikian kerapatan akan semakin meningkat (Maulana ddk, 2014).

Penambahan  $\text{CaCO}_3$  pada cangkang telur mempengaruhi kehalusan dari semen itu sendiri. Sehingga ketika proses homogenisasi terjadi, kerapatan pada komposit dengan pengisi cangkang telur akan semakin tinggi, karena kehalusan dari semen pun akan meningkat sehingga rongga kosong yang ada pada komposit semakin berkurang.

Berdasarkan data dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa untuk hasil uji densitas tidak ada yang memenuhi standar untuk SNI 03-2105-2006 tentang kerapatan papan partikel, dengan standar  $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$ . Sementara untuk standar ISO 8335 (*cement bonded particleboard*) tentang *density* dengan standar minimal kerapatan  $1.00 \text{ g/cm}^3$ , seluruh spesimen uji sudah memenuhi standar. Namun pada standar SNI dijelaskan bahwa perekat yang digunakan adalah perekat alami sementara pada ISO 8335 perekat yang digunakan adalah semen yang memang standar ini ditujukan untuk papan semen partikel.

#### 4.5 Pengujian Mikroskop

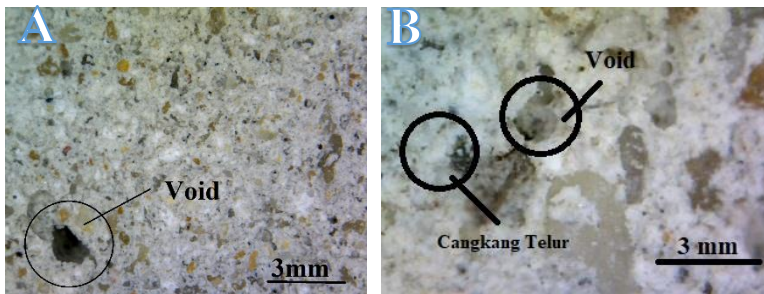
Spesimen komposit diuji menggunakan Mikroskop yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui morfologi komposit yang diperlihatkan oleh citra fotomikrografi. Mikroskop juga dapat menunjukkan persebaran dan ukuran porositas dari komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Karakterisasi, Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Berikut adalah hasil pengujian mikroskop untuk material komposit semen dengan *filler* limbah eceng gondok dan cangkang telur pada Gambar 4.5.



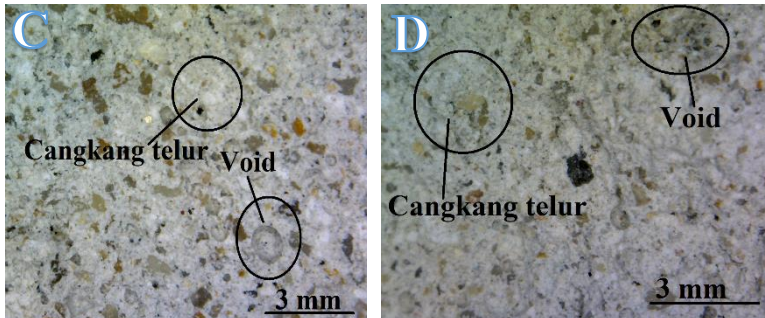
**Gambar 4.5** Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa filler (b) penambahan 10 phr eceng gondok (c) penambahan 20 phr eceng gondok (d) penambahan 30 phreceng gondok dengan perbesaran 50x

Gambar 4.5 menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 10 phr eceng gondok, (c) penambahan 20 phr eceng gondok, (d) penambahan 30 phreceng gondok. Komposit tanpa penambahan filler menunjukkan terdapat banyak void yang terbentuk di dalam komposit. Hal tersebut dapat disebabkan karena wettability yang kurang baik dimana matriks tidak dapat membasahi *filler* dengan sempurna sehingga terdapat rongga/void antara matrix dan *filler*. Selain itu void ini timbul akibat proses manufaktur komposit yang kurang sempurna saat proses pencetakan sehingga gelembung udara terperangkap dan membentuk void/pori di dalam komposit tersebut (Rohman, 2018).

Komposit dengan penambahan 10 phr dan 20 phr menunjukkan citra fotomikrografi yang lebih baik dimana keberadaan void lebih sedikit bila dibandingkan dengan komposit tanpa penambahan *filler*. Berkurangnya rongga/void dapat mempengaruhi beberapa sifat fisik seperti penyerapan air (Abharan, 2018). Sedangkan pada penambahan *filler* 30 phreceng gondok justru membuat komposit terlihat lebih banyak voidnya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2 poin (D), dimana serat eceng gondok justru membentuk gumpalan, gumpalan serat tersebut tidak mengisi ruang-ruang kosong pada komposit, sehingga komposit justru mengalami *void* yang lebih banyak dibandingkan komposisi penambahan serat sebelumnya. Pengaruh dari *void* yang lebih banyak dapat terlihat dari gambar 4.3, dimana daya serap air pada penambahan 30 phr *filler* eceng gondok paling besar dengan nilai 19.58%. Sifat mekanik pada penambahan *filler* 30 phr eceng gondok pun menurun, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2, dimana kekuatan lentur dan tekan dari komposit tersebut memiliki nilai yang paling rendah disbanding dengan komposit dengan penambahan *filler* lainnya.







**Gambar 4.6** Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 10 phr cangkang telur (c) penambahan 20 phr cangkang telur (d) penambahan 30 phr cangkang telur dengan perbesaran 50x

Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 10 phr cangkang telur, (c) penambahan 20 phr cangkang telur, (d) penambahan 30 phr cangkang telur, dimana seiring meningkatnya komposisi *filler* cangkang telur yang mengisi komposit mampu mengurangi jumlah *void* yang ada, dan memperlihatkan morfologi yang lebih halus/rata. Dari gambar 4.6 juga menunjukkan persebaran *filler* yang merata dari *filler* cangkang telur pada komposit papan partikel semen. Terlihat juga bahwa cangkang telur memiliki *interfacial bonding* yang baik yang juga dapat berpengaruh baik terhadap sifat mekanik komposit. Persebaran *filler* yang merata pada komposit dapat mempengaruhi peningkatan sifat mekaniknya (Helena, 2014).

Pengaruh dari komposisi penambahan *filler* cangkang telur dapat terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2, dimana semakin tinggi komposisi cangkang telur pada komposit maka akan meningkatkan sifat mekaniknya. Penambahan *filler* 30 phr cangkang telur merupakan komposit dengan nilai daya tekan dan lentur yang terbesar dibandingkan dengan komposit dengan pengisi lainnya.

Pada gambar 4.3, menunjukkan bahwa persebaran dan semakin tingginya penambahan *filler* cangkang telur mampu

---

mengurangi tingkat absorpsi pada komposit. Hal ini terlihat pada komposit dengan komposisi cangkang telur 30 phr memiliki daya serap air yang paling rendah dengan nilai 8.77%.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, kesimpulan pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

- 1) Hasil dari pengujian sifat mekanik papan semen partikel dengan *filler* eceng gondok dan cangkang telur adalah, penambahan eceng gondok dan cangkang telur akan mempengaruhi kuat tekan dan kuat lentur dari komposit pada penambahan komposisi tertentu. Penambahan eceng gondok yang paling maksimum terdapat pada komposisi 20 phr, ketika penambahan eceng gondok pada 30 phr justru menurunkan sifat mekanik dari komposit. Sementara pada penambahan *filler* cangkang telur, seiring bertambahnya komposisi *filler*, justru meningkatkan kekuatan tekan dan lentur dari komposit, kekuatan maksimum terdapat pada penambahan 30 phr cangkang telur. Komposit dengan penambahan 70% eceng gondok dan 30% cangkang telur, menghasilkan kekuatan lentur dan tekan maksimum pada komposisi 15 phr eceng gondok dan 15 phr cangkang telur.
  
- 2) Hasil dari pengujian sifat fisis papan semen partikel dengan *filler* eceng gondok dan cangkang telur adalah, seiring dengan bertambahnya komposisi cangkang telur, densitas pada komposit semakin bertambah dan mampu menurunkan daya serap air pada komposit. Penambahan eceng gondok mampu meningkatkan densitas pada komposit, namun karena eceng gondok memiliki sifat hidrofilik maka daya serap air pada komposit meningkat seiring bertambahnya komposisi eceng gondok.

- 3) Komposit dengan penambahan *filler* cangkang telur 30 phr, merupakan komposit dengan nilai paling optimal dan telah memenuhi standar ISO 8335 untuk seluruh pengujian.

## 5.2. Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk umur dari papan semen untuk dipertimbangkan kekuatan dan efektivitasnya pada aplikasi material bangunan.
2. Penggunaan partikel *filler* dengan ukuran yang lebih kecil, terutama untuk eceng gondok dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
3. Diperlukan penelitian proses manufaktur komposit yang lebih mendalam dan efisien dalam pembuatan spesimen maupun untuk produksi massa

## DAFTAR PUSTAKA

- Akoeb, M. A. (2011). Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dan Beton Dengan Bahan Additive Silica Fume Antara Uji Non Destructive Dengan Uji Destructive (Suatu Penelitian Beton Dengan Faktor Air Semen 0,45 ; 0,50 Dan 0,55). 101.
- Betancourt, N. G., & E. Cree, D. (2017). Mechanical Properties of Poly (lactic acid) Composites Reinforced with CaCO<sub>3</sub> Eggshell Based Fillers. *Materials Research Society*.
- Brandt, A. (1995). *Cement-Based Composites Materials, Mechanical Properties and Performance*. London: E & FN Spon.
- C. Dow, F. G. (2003). Calcium carbonate efflorescence on Portland. *Cement and Concrete Research* 33, 147-154.
- Clarke, J. L. (1993). *Alternative Materials For The Reinforcement and Prestressing of Concrete*. Chapman & Hall.
- Defta Eka Sari, A. M. (2017). Pengaruh Persentase Serat Eceng Gondok terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Busa. *Jurnal Fisika Unand Vol. 6, No. 4*.
- Deny Wijaya, J. S. (2013). Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Kalsium Karbonat. *JURNAL TUGAS AKHIR*.
- Edgardo V. Casas, J. G. (2012). Optimized drying parameters of water hyacinths. *Science Diliman*.
- Evaluation of water hyacinth extract as an admixture in concrete production. (2016). *Journal of Building Engineering*.
- Fathanah, U. (2011). Kualitas Papan Komposit dari Sekam Padi dan Plastik HDPE Daur Ulang Menggunakan Maleic Anhydride (MAH) sebagai Compatibilizer. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 53-59.
- G.D.O. Okwadha, D. M. (2016). *Evaluation of Water Hyacinth Extract As An Admixture In Concrete Production*. Kenya.

- 
- Goldstein, R. H. (2015). Reequilibration of fluid inclusions in low-temperature. *Department of Geology and Geophysics, University of Wisconsin, .*
- Gregorius Franky Tanggu, G. T. (2010). Efek Material Pengisi Kalsium Karbonat Dan Waste Marble Dust Terhadap Sifat Mekanik Mortar.
- Hendra, D. (2011). PEMANFAATAN ECENG GONDOK UNTUK BAHAN BAKU BRIKET SEBAGAI. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan.*
- Innocent C.O. Akendo, L. O. (2008). Dewatering and Drying Characteristics of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Petiole. Part I. Dewatering Characteristics. *CIGR Ejournal Manuscript. FP 07.*
- Ir. Tri Mulyono, M. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Irfan Purnawan, A. P. (2017). Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit. *Jurnal Rekayasa Proses Volume 11 No.2*, 86-93.
- J.Karthick, R. M. (2014 ). Experimental Study on Usage of Egg Shell as Partial Replacement for Sand in Concrete. *International Journal of Advanced Research in Education Technology.*
- Jo Dwecka, P. M. (2000). Hydration of a Portland cement blended. *Thermochimica Acta 346*, 105-113.
- Maria L. Marques, F. H. (2015). Compatibility of vegetable fibers with Portland cement and its relationship with the physical properties.
- Muhammad Hendra S Ginting, N. H. (2016). PENGARUH KOMPOSISI KULIT KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) TERHADAP KERAPATAN, KETEGUHAN PATAH KOMPOSIT PARTIKEL POLIESTER.
- Nurramadhan, W., Ahmad, I., & Nasution, N. (2012). ECENG GONDOK SEBAGAI BAHAN BAKU PAPAN
-

---

PARTIKEL. *Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil FT.UNJ.*

- Olumoyewa D. Atoyebia, T. F. (2018 ). Artificial neural network evaluation of cement-bonded particle board produced from red iron wood (*Lophira alata*) sawdust and palm kernel shell residues.
- Potiyaraj, P., Panchaipech, P., & Chuayjuljt, S. (2001). Using Water-Hyacinth Fiber as a Filler in. *J. S c i . R e s . C h u l a . U n i v .*
- Pranut Potiyaraj, P. P. (2001). Using Water-Hyacinth Fiber as a Filler in Natural Rubber. *J Sci .Rs. Chula. Univ. Vol. 26., No. 1.*
- Saleh, H. (2014). Stability of cemented dried water hyacinth used for biosorption. *Journal of Nuclear Materials*, 124-133.
- Saputra, A. M. (2014). Pengujian Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Papan Semen Partikel Pelelah Aren (*Arenga Pinnata*).
- Simanjuntak, M. P. (2013). Sifat Mekanik Komposit Terhadap Fraksi Volume Serat Eceng Gondok Bermatriks Polyester. *Jurnal Einstein.*
- Sompong Piriayon, K. B. (2017). The Mechanical Property of Plate Produce from Natural Rubber and Water Hyacinth.
- T. Matschei, B. L. (2007). The role of calcium carbonate in cement hydration. *Cement and Concrete Research* 37, 551-558.
- Tanggu, G. F., Antoni, Hardjito, D., & Santoso, G. T. (n.d.). EFEK MATERIAL PENGISI KALSIMUM KARBONAT DAN WASTE MARBLE DUST TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR.
- Uddin, M. T., Mahmood, A. H., Yashin, S., & Ahmed Zihan, Z. (2017). Effects of maximum size of brick aggregate on properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 713–726.
- Wenni Fitri, M. (2018). Pengaruh Persentase Serbuk Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Partikel. *Jurnal Fisika Unand Vol. 7, No. 4.*
-

---

William F. Smith, J. H. (2011). *Foundations of Material Science Engineering*. New York: McGraw-Hill.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Perhitungan *Water Absorbability*

$$\text{Water Absorbability} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Keterangan : A = Massa setelah perendaman (gram)  
 B = Massa sebelum perendaman (gram)

Komposisi	Massa Kering	Massa Basah	Absorpsi (%)	Rata-rata(%)
0%	174.67	201.87	15.5722219	14.73200923
	175.89	199.54	13.44590369	
	173.41	199.73	15.17790208	

Komposisi Cangkang Telur	Massa Kering	Massa Basah	Absorpsi (%)	Rata-rata (%)
10 phr	185.81	207.36	11.59786879	11.82991374
	184.78	206.43	11.716636	
	183.98	206.38	12.17523644	
20 phr	186.67	205.34	10.00160711	10.20093739
	187.96	207.54	10.41711002	
	186.86	205.89	10.18409504	
30 phr	188.14	204.8	8.855107898	8.77117232
	189.07	205.43	8.652879886	

	189.54	206.23	8.80552917 6
--	--------	--------	-----------------

Komposisi Eceng Gondok	Massa Kering	Massa Basah	Absorpsi (%)	Rata- rata(%)
10 phr	175.82	203.26	15.606870	15.364862
	174.53	202.55	16.054546	
	172.45	197.34	14.433169	
20 phr	179.51	209.97	16.968414	16.902513
	181.32	210.54	16.115155	
	180.89	212.77	17.623970	
30 phr	185.83	221.87	19.394069	19.583667
	186.54	223.44	19.781280	
	183.34	219.23	19.575651	

Komposisi <i>Filler</i> Campur	Massa Kering	Massa Basah	Absorpsi (%)	Rata- rata(%)
10 phr	183.44	208.65	13.7429132	12.839988
	184.35	209.87	13.8432329	
	186.76	207.18	10.9338188	
20 phr	188.23	215.63	14.5566594	14.2780354
	191.23	218.89	14.4642577	
	192.28	218.84	13.8131891	
30 phr	196.87	227.87	15.7464316	15.7433110
	199.75	226.78	13.5319148	
	196.64	231.94	17.9515866	

### Lampiran 2 Perhitungan Densitas

$$P = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Keterangan : Massa (gram)  
Volume (cm<sup>3</sup>)

Tanpa filler	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata
0%	174.67	136.44	1.280196	1.286945
	175.89	135.25	1.300481	
	173.41	135.46	1.280157	

Cangkang Telur	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata
10 phr	185.81	128.54	1.445542	1.454431
	184.78	126.43	1.46152	
	183.98	126.34	1.456229	
20 phr	186.67	129.65	1.439799	1.460324
	187.96	126.44	1.486555	
	186.86	128.46	1.454616	
30 phr	188.14	129.98	1.447453	1.467383
	189.07	128.52	1.471133	
	189.54	127.76	1.483563	

Eceng Gondok	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata
10 phr	175.82	137.22	1.2813	1.285286
	174.53	135.87	1.284537	
	172.45	133.68	1.290021	
20 phr	179.51	139.86	1.283498	1.290888
	181.32	139.68	1.29811	
	180.89	140.11	1.291057	
30 phr	185.83	141.15	1.316543	1.295541
	186.54	143.08	1.303746	

	183.34	144.78	1.266335	
--	--------	--------	----------	--

Campur	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata
10 phr	183.44	134.83	1.360528	1.353775
	184.35	135.87	1.356812	
	186.76	138.96	1.343984	
20 phr	188.23	139.94	1.345076	1.407053
	191.23	132.87	1.439226	
	192.28	133.82	1.436855	
30 phr	196.87	138.93	1.417045	1.422544
	199.75	139.13	1.435708	
	196.64	138.98	1.41488	

### Lampiran 3 Perhitungan Kuat Tekan

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

Kuat Tekan (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Beban Patah Maksimum (Kg)

A = Luas Bidang Tarik (cm<sup>2</sup>) = 25 cm<sup>2</sup>

Tanpa filler	Beban (Kgf)	Area (cm <sup>2</sup> )	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi
0%	10922.5	25	436.9	406.3	29.7864063
	10115	25	404.6		
	9435	25	377.4		

Cangkang Telur	Beban (Kgf)	Area (cm <sup>2</sup> )	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi
10 phr	10465	25	418.6	429.6333333	16.66203269
	11220	25	448.8		
	10537.5	25	421.5		
20 phr	10392.5	25	415.7	435.6	20.58081631
	10857.5	25	434.3		
	11420	25	456.8		
30 phr	10982.5	25	439.3	440.3833333	19.74729939
	10530	25	421.2		
	11516.25	25	460.65		

Eceng Gondok	Beban (Kgf)	Area (cm <sup>2</sup> )	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi
10 phr	10332.5	25	413.3	407.3666667	17.56824787
	10530	25	421.2		
	9690	25	387.6		
20 phr	11087.5	25	443.5	408.5666667	39.11896386
	10397.5	25	415.9		
	9157.5	25	366.3		
30 phr	10657.5	25	426.3	409.8333333	22.03640927
	9620	25	384.8		

	10460	25	418.4		
--	-------	----	-------	--	--

Campur	Beban (Kgf)	Area (cm <sup>2</sup> )	Compressive Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi
10 phr	11042.5	25	441.7	404.03333 33	38.580349 06
	10145	25	405.8		
	9115	25	364.6		
20 phr	10710	25	428.4	410.16666 67	17.333878 2
	9847.5	25	393.9		
	10205	25	408.2		
30 phr	10112.5	25	404.5	414.46666 67	28.298468 75
	11160	25	446.4		
	9812.5	25	392.5		

#### Lampiran 4 Perhitungan Kuat Lentur

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kekuatan Lentur (kgf/cm<sup>2</sup>)

L = Support Span (cm) = 9cm

P = Beban Patah (Kg)

b = Lebar Spesimen (cm) = 3 cm

d = Tebal Speseimen (cm) = 3 cm

Tan pa Filler	Lo ad (kg )	Leb ar (cm )	Teb al (cm )	Area (cm <sup>2</sup> )	Flexura l Strengt h (Kgf/c m <sup>2</sup> )	Rata-rata (Kgf/c m <sup>2</sup> )	Standa r devias i
0%	75.2	3.04	2.13	6.429859	106.272	96.235	12.91292
	71	3.06	2.104	6.429824	100.766		
	62.2	3.38	2.08	7.0304	81.667		

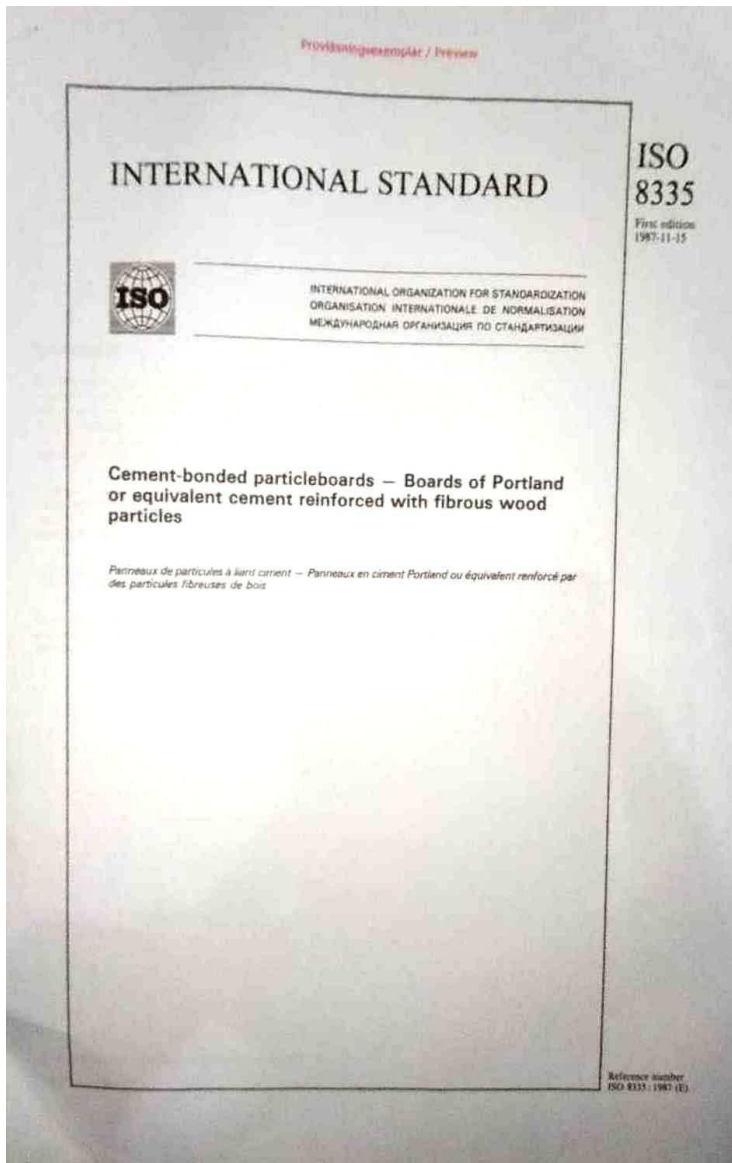
Ecen g gond ok	Lo ad (kg )	Leb ar (cm )	Teb al (cm )	Area (cm <sup>2</sup> )	Flexura l Strengt h (Kgf/c m <sup>2</sup> )	Rata-rata (Kgf/c m <sup>2</sup> )	Standa r Devias i
10 phr	84.4	3.36	2.162	7.26432	103.179	102.465	4.055288
10 phr	88.6	3.12	2.266	7.074452	106.116		
10 phr	85.4	3.26	2.265	7.37937	98.101		
20 phr	84.6	3.27	2.14	6.98799	108.771	106.522	6.954609
20 phr	75.8	3.09	2.05	6.3345	112.074		
20 phr	76.4	3.12	2.18	6.806594	98.721		
30 phr	76.6	3.07	2.12	6.49919	106.893	101.820	4.40667
30 phr	80.8	3.12	2.23	6.973659	99.624		

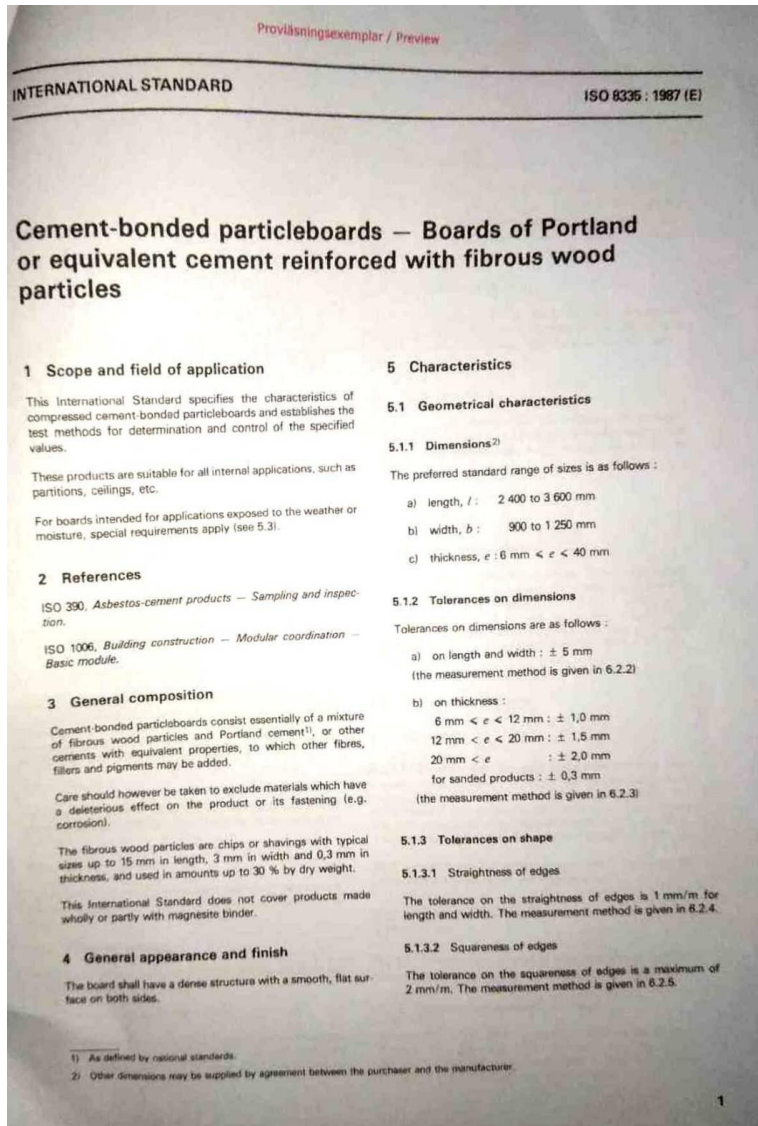
30 phr	76. 9	3.1 4	2.1 8	6.845 2	98.943		
-----------	----------	----------	----------	------------	--------	--	--

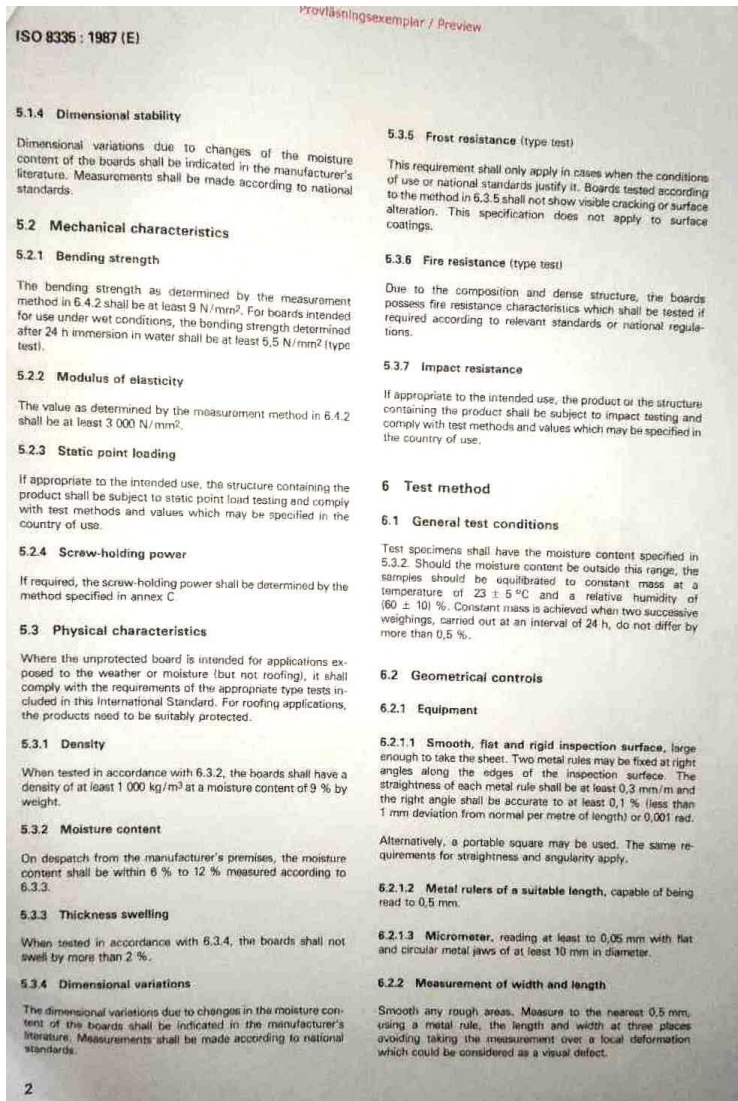
Cangkang telur	Load (kg)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Flexural Strength (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi
10 phr	91.8	3.02	2.16	6.53140	124.819	112.382	10.8715
10 phr	88.4	3.07	2.27	6.95888	107.635		
10 phr	79.5	3.04	2.19	6.6576	104.690		
20 phr	92.6	3.10	2.17	6.7192	121.880	118.989	6.28040
20 phr	85	3.17	2.04	6.4753	123.303		
20 phr	79.6	3.13	2.09	6.5417	111.783		
30 phr	98.4	3.11	2.16	6.72598	129.923	129.230	2.7816
30 phr	84.4	3.01	2.07	6.21978	126.168		
30 phr	90.8	3.14	2.05	6.44956	131.600		



Cam pur	Lo ad (kg )	Leb ar (cm )	Teb al (cm )	Area (cm <sup>2</sup> )	Flexur al Strengt h (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Stand ar Devia si
10 phr	77.4	3.12	2.122	6.614274	105.880	108.620	4.154882
10 phr	73.8	3.07	2.08	6.39184	106.578		
10 phr	82.8	3.09	2.13	6.5817	113.400		
20 phr	77.4	3.16	2.098	6.61919	107.012	114.788	7.311424
20 phr	80.2	3.024	2.047	6.190128	121.523		
20 phr	79.8	3.10	2.067	6.399432	115.830		
30 phr	85.9	3.12	2.173	6.788452	111.806	118.449	6.193343
30 phr	79.6	3.10	2.032	6.295136	119.477		
30 phr	85.6	3.14	2.054	6.44956	124.064		

**Lampiran 5 Standard ISO**





---

**Lampiran 6** *Rule of Mixture*

$$V_m \rho_m + V_f \rho_f = 1$$

Spesimen uji kuat tekan :

Panjang = 5 cm

Lebar = 5 cm

Tinggi = 5 cm

Volume = 125 cm<sup>3</sup>

Diketahui :

Densitas eceng gondok = 0.074 g/cm<sup>3</sup>, densitas cangkang telur = 0.80 g/cm<sup>3</sup>, densitas semen = 1.85 g/cm<sup>3</sup>, densitas bata ringan = 0.85 g/cm<sup>3</sup>.

---

Perhitungan volume :

Spesimen	Volume eceng gondok (cm <sup>3</sup> )	Volume cangkang telur (cm <sup>3</sup> )	Volume bata ringan (cm <sup>3</sup> )	Volume semen (cm <sup>3</sup> )
1	0	0	37.5	87.5
2	11.36	0	34.09	79.54
3	20.83	0	31.25	72.91
4	28.84	0	28.84	67.30
5	0	11.36	34.09	79.54
6	0	20.83	31.25	72.91
7	0	28.84	28.84	67.30
8	5.68	5.68	34.09	79.54
9	10.415	10.415	31.25	72.91
10	14.42	14.42	28.84	67.30

Perhitungan Massa :

Spesimen	Massa eceng gondok (g)	Massa cangkang telur (g)	Massa bata ringan (g)	Massa semen (g)
1	0	0	31.875	161.875
2	0.840	0	28.976	147.149
3	1.541	0	26.5625	134.883
4	2.134	0	24.51	124.50
5	0	9.088	28.976	147.149
6	0	16.664	26.5625	134.883
7	0	23.072	24.51	124.50
8	0.420	4.544	28.976	147.149
9	0.7705	8.332	26.5625	134.883
10	1.067	11.536	24.51	124.50

Spesimen uji kuat lentur :

Panjang = 20 cm

Lebar = 5 cm

Tinggi = 2 cm

Volume = 200 cm<sup>3</sup>

Densitas eceng gondok = 0.074 g/cm<sup>3</sup>, densitas cangkang telur = 0.80 g/cm<sup>3</sup>, densitas semen = 1.85 g/cm<sup>3</sup>, densitas bata ringan = 0.85 g/cm<sup>3</sup>.

Spesimen	Volume eceng gondok (cm <sup>3</sup> )	Volume cangkang telur (cm <sup>3</sup> )	Volume bata ringan (cm <sup>3</sup> )	Volume semen (cm <sup>3</sup> )
1	0	0	60	140
2	18.18	0	54.54	127.27
3	33.33	0	50	116.67
4	46.15	0	46.15	107.69
5	0	18.18	54.54	127.27
6	0	33.33	50	116.67
7	0	46.15	46.15	107.69
8	5.68	5.68	54.54	127.27
9	10.415	10.415	50	116.67
10	14.42	14.42	46.15	107.69



Perhitungan massa :

Spesimen	Massa eceng gondok (g)	Massa cangkang telur (g)	Massa bata ringan (g)	Massa semen (g)
1	0	0	51	259
2	1.345	0	46.359	235.45
3	2.466	0	42.5	215.84
4	3.4151	0	39.227	199.27
5	0	14.544	46.359	235.45
6	0	26.67	42.5	215.84
7	0	36.92	39.227	199.27
8	0.672	7.272	46.359	235.45
9	1.233	13.33	42.5	215.84
10	1.707	18.46	39.227	199.27

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah ikut berperan serta terhadap penulisan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat-Nya, nikmat berupa kesehatan dan kesempatan yang selalu Dia berikan
2. Kedua Orang tua penulis, Budi Adi Julianto dan Rika Kartika yang telah memberikan doa, dukungan, kasih dan sayang, semangat dan nasehat yang sangat berguna dalam keberhasilan penulis.
3. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang melancarkan Tugas Akhir penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
4. Rekan Seperjuangan dalam hal pengerjaan Tugas Akhir, seleksi pelatihan manajemen organisasi, tempat curhat dan senasib dalam hati yang sengaja dikosongkan yaitu SCAM.
5. Teman-teman Mahasiswa Angkatan 2015 (MT17) yang memberikan sebuah sentuhan kehangatan layaknya keluarga.
6. Putri Sulhana El-Fiesha Balqis, yang sudah menemani dan membuat penulis menjadi orang yang sabar.
7. Seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi atas penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, namun dibalik itu terdapat niat tulus untuk berbagi pengetahuan bagi sesama. Penulis berharap bahwa laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

---

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Hilman Rasyad lahir di kota Jakarta, 17 Januari 1996 dari ayah bernama Budi Adi Julianto dan ibu bernama Rika Kartika. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Gunung 01 Pagi Jakarta, SMP Negeri 11 Jakarta, lalu SMA PU AlBayan Cibadak. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Material.

Semasa kuliah penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus antara lain pernah menjadi Ketua Teknokrat Muda Indonesia, anggota Forum Indonesia Muda 20, dan mengikuti Pelatihan Pemimpin Bangsa batch 11. Selain itu, penulis juga memiliki pengalaman kerja di PT. Dirgantara Indonesia pada divisi *Bonding and Composite*. Penulis mengangkat topik Material Komposit sebagai tugas akhir dalam rangka menyelesaikan pendidikan sarjana.

Email : [hilman.rasyad@gmail.com](mailto:hilman.rasyad@gmail.com)

No HP : +627825602799

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*