



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL184834

# PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG KERANG DAN FIBERGLASS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL SEMEN

MUKHAMMAD KHOIRUL UMAM  
NRP. 0251154000066

Dosen Pembimbing  
Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.

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





**TUGAS AKHIR - TL184834**

**PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG  
KERANG DAN FIBERGLASS TERHADAP SIFAT FISIS DAN  
MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL  
SEMEN**

**MUKHAMMAD KHOIRUL UMAM  
NRP. 0251154000066**

**Dosen Pembimbing:  
Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**

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

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL184834**

**EFFECT OF SHELL WASTE AND FIBERGLASS FILLER  
COMPOSITION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF COMPOSITE FOR CEMENT PARTICLE  
BOARD APPLICATION**

**MUKHAMMAD KHOIRUL UMAM  
NRP. 0251154000066**

**Advisors :**

**Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.**

**DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2019**

*(This Page is Intentionally Blanked)*

**PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG  
KERANG DAN FIBERGLASS TERHADAP SIFAT FISIS  
DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN  
PARTIKEL SEMEN**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh:

**MUKHAMMAD KHOIRUL UMAM**

NRP. 0251154000066

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D.....(Pembimbing I)  
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D.....(Pembimbing II)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG KERANG DAN FIBERGLASS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL SEMEN**

**Nama** : Mukhammad Khoirul Umam  
**NRP** : 0251154000066  
**Departemen** : Departemen Teknik Material  
**Dosen Pembimbing** : Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng.,  
Ph.D.  
**Co-pembimbing** : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si.,  
Ph.D.

## **Abstrak**

*Papan partikel yang saat ini populer dikembangkan adalah papan partikel semen. Namun semen memiliki dampak buruk untuk lingkungan, maka penggunaan limbah sebagai campuran matriks dan filler akan mengurangi penggunaan semen. Material limbah tersebut adalah bata ringan dan cangkang kerang. Selain cangkang kerang, sebagai filler digunakan juga penguat berupa serat gelas yang memiliki sifat fisis dan mekanis yang baik.. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi komposisi cangkang kerang, dan serat gelas pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian fisis (absorpsi air dan densitas), pengujian mekanik (beban lentur dan kuat tekan). Dari hasil penelitian diketahui bahwa penambahan cangkang kerang dan serat gelas mampu membuat sifat fisis dan mekanik papan partikel lebih baik jika dibandingkan tanpa filler. Hasil dari pengujian sudah memenuhi semua standard ISO 8335, dengan nilai kuat lentur dan kompresi tertingginya masing-masing adalah 118,26 kgf/cm<sup>2</sup> dan 547 kgf/cm<sup>2</sup>.*

**Kata kunci** : serat gelas, limbah bata ringan, limbah cangkang kerang, papan partikel.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**EFFECT OF SHELL WASTE AND FIBERGLASS FILLER  
COMPOSITION ON THE PHYSICAL AND  
MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE FOR  
CEMENT PARTICLE BOARD APPLICATION**

**Student Name** : Mukhammad Khoirul Umam  
**NRP** : 0251154000066  
**Department** : Departemen Teknik Material  
**Advisor** : Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng,  
Ph.D.  
**Co-advisor** : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si.,  
Ph.D.

***Abstract***

*The particle board which is currently popular to developed is cement particle board. But cement has a negative impact for environment, so use the waste materials as additional matrix and filler will reduce the production of cement. The waste materials are light brick and shells. beside shells, the other reinforcement is also use fiberglass that has good physical and mechanical properties. This research was conducted with various compositions of shells waste and glass fibers for cement particle board application. Tests carried out consisted of physical testing (water absorption and density), mechanical testing (flexural strength and compression strength). From the results of research has found that the addition of shells and fiberglass make the physical and mechanical properties of cement particle board better than without fillers. The results of the tests have met all ISO 8335 standards, with the highest flexural and compression strength are 118.26 kgf / cm<sup>2</sup> and 547 kgf / cm<sup>2</sup>.*

***Key words*** : fiberglass, shells waste, light brick waste, particle board

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH KOMPOSISI FILLER LIMBAH CANGKANG KERANG DAN SERAT GELAS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK KOMPOSIT UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL SEMEN”** ini dapat diselesaikan.

Penulisan Tugas Akhir ini untuk memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir sebanyak enam SKS dan sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) serta diharapkan dapat menambah wawasan dari mahasiswa Jurusan Teknik Material FTI-ITS, sehingga bisa memiliki gambaran tentang penerapan disiplin ilmu yang dipelajari.

Penulis menyadari mungkin masih ada kekurangan-kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari pembaca demi penyempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga penulisan laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bekal ilmu dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing ke dua saya yang telah memberikan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
5. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc selaku Kepala Prodi S1 Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang bersangkutan. Besar harapan penyusun akan saran, dan kritik yang sifatnya membangun. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>vii</b>
<i>Abstract</i> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 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 Matriks Polimer .....	8
2.1.4 Komposit Laminat.....	9
2.1.5 <i>Particulate Composites</i> .....	9
2.1.6 Ikatan <i>Filler</i> dan Matriks.....	11
2.2 Serat Gelas.....	12
2.3 Limbah Cangkang Kerang.....	17
2.4 Limbah Bata Ringan.....	19
2.5 Semen Mortar .....	21
2.6 Papan Partikel.....	23
2.6.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel .....	23
2.6.2 Syarat Mutu Papan Partikel.....	24
2.7 <i>Rule of Mixture</i> .....	26
2.8 Penelitian Sebelumnya .....	27

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	32
3.2.1 Bahan Penelitian.....	32
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	33
3.3 Variabel Penelitian .....	36
3.4 Prosedur Penelitian.....	36
3.5 Rancangan Penelitian .....	42

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisis Pengujian Mikroskop .....	43
4.2 Analisis Pengujian Densitas .....	45
4.3 Analisis Pengujian Absorpsi Air .....	47
4.4 Analisis Pengujian Kuat Tekan .....	50
4.5 Analisis Pengujian Kuat Lentur.....	52

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran .....	58

### **DAFTAR PUSTAKA .....**

### **LAMPIRAN.....**

### **UCAPAN TERIMA KASIH.....**

### **BIODATA PENULIS .....**

## 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 Matriknya.....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya.....	10
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Mechanical Bonding</i> .....	11
<b>Gambar 2.6</b>	<i>Electrostatic Bonding</i> .....	11
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Chemical Bonding</i> .....	12
<b>Gambar 2.8</b>	Cangkang Kerang Darah .....	18
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Percobaan.....	33
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Mesh Tape Fiberglass</i> .....	32
<b>Gambar 3.3</b>	Bata Ringan CLC .....	33
<b>Gambar 3.4</b>	Cetakan Pembuatan Spesimen .....	33
<b>Gambar 3.5</b>	Timbangan Digital .....	34
<b>Gambar 3.6</b>	Alat Uji Mikroskop USB.....	34
<b>Gambar 3.7</b>	Alat <i>Shieving</i> .....	35
<b>Gambar 3.8</b>	Alat Uji <i>Bending</i> .....	35
<b>Gambar 3.9</b>	Skema Kerja Alat Mikroskop.....	38
<b>Gambar 3.10</b>	Skema Pengujian <i>Bending</i> .....	41
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Fotomikrografi Komposit (a) tanpa Filler (b) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang (c) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang + Serat Gelas dengan Perbesaran 100x.....	43
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Fotomikrografi Komposit dengan (A) Tanpa Filler (B) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang dan (c) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang + Serat Gelas Mesh dengan Perbesaran 350x .....	44
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Pengujian Densitas Komposit (a) Penambahan Cangkang Kerang (b) Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.....	46

<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Pengujian <i>Water Absorbability</i> Komposit (a) Penambahan Cangkang Kerang (b) Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas .48	
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit Papan Partikel Semen (a) Variasi Penambahan Cangkang Kerang, (b) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas .....51	
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit (a) Variasi Penambahan Cangkang Kerang (b) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas .....54	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Sifat Serat Gelas .....	13
<b>Tabel 2.2</b>	Karakteristik Mekanik Komposit Berarapa Serat Gelas .....	13
<b>Tabel 2.3</b>	Karakteristik Serbuk Cangkang Kerang .....	18
<b>Tabel 2.4</b>	Toleransi Tebal Papan Partikel.....	25
<b>Tabel 2.5</b>	Tabel Perbandingan Sifat Papan Partikel SNI 03- 2105-2006 dan ISO 8335 (1987).....	25
<b>Tabel 3.1</b>	Variabel Penelitian .....	36
<b>Tabel 3.2</b>	Rancangan Penelitian .....	42
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Uji Densitas Komposit.....	45
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Uji <i>Water Absorbability</i> Komposit.....	48
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Uji Kuat Tekan Komposit.....	50
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Uji Kuat Lentur Komposit .....	53

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kelebihan material komposit dibandingkan dengan logam adalah ketahanan terhadap korosi atau pengaruh lingkungan bebas dan untuk jenis komposit tertentu memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik. Oleh karena itu penelitian yang berkelanjutan berbanding lurus dengan perkembangan teknologi bahan tersebut khususnya komposit.

Salah satu material komposit yang terus berkembang adalah semen. Semen berperan penting dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi tetapi juga berperan sebagai penyumbang gas karbon dioksida dalam proses produksinya. Dalam produksi satu ton semen Portland, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Zacoeb, 2013). Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari produksi semen adalah menggunakan material limbah sebagai *filler* komposit untuk mengurangi penggunaan semen.

Bahan limbah yang dapat digunakan sebagai campuran semen adalah limbah bata ringan. Limbah bata ringan juga ditemui dalam proyek pembangunan gedung. Batu bata ringan merupakan salah satu bahan utama untuk konstruksi dinding. Dengan sifat-sifat yang dimiliki tersebut, melakukan daur ulang merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah yang ada menjadi suatu produk yang memiliki manfaat bahkan dengan nilai jual yang tinggi.

Limbah lain yang dapat dimanfaatkan untuk pengisi alami adalah cangkang kerang. Hasil panen kerang per hektar untuk tiap tahunnya bisa mencapai 200-300 ton kerang utuh yang menghasilkan daging kerang 60 -100 ton (Siregar, 2009). Sisanya

---

yaitu kulit kerang hanya dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan atau seni dekoratif, juga sebagai campuran makanan ternak guna memenuhi kadar kalsium (Nadjib, 2008). Oleh sebab itu, keberadaan limbah kulit kerang semakin lama semakin banyak dan mengganggu. Jika limbah dibuang terus menerus tanpa adanya pengolahan yang tepat dapat menimbulkan gangguan keseimbangan dengan demikian menyebabkan lingkungan tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati (Kusuma, 2012).

Dari latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dilakukan rekayasa pemanfaatan limbah cangkang kerang, serat gelas dan bata ringan dengan binder semen yang diaplikasikan dalam pembuatan komposit untuk mendapatkan variasi komposisi paling optimal yang memiliki sifat fisik dan sifat mekanik terbaik yang kemudian digunakan untuk aplikasi komposit papan partikel semen yang ramah lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi cangkang kerang, dan serat gelas terhadap sifat mekanik komposit cangkang kerang / bata ringan/serat gelas/ semen untuk aplikasi papan partikel?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi, cangkang kerang, dan serat gelas terhadap sifat fisis komposit cangkang kerang / bata ringan/ serat gelas/ semen untuk aplikasi papan partikel?
3. Komposit dengan variasi komposisi manakah yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya sangat kecil pada penelitian sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Pengotor diabaikan.

- 
2. Temperatur dianggap stabil dan tidak berubah.
  3. Pencampuran dianggap homogen.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang kerang dan serat gelas terhadap sifat mekanik komposit cangkang kerang/ serat gelas/ bata ringan/ semen untuk aplikasi papan partikel
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi cangkang kerang dan serat gelas terhadap sifat fisis komposit cangkang kerang/ serat gelas/ bata ringan/ semen untuk aplikasi papan partikel.
3. Mendapatkan komposit dengan variasi komposisi yang bisa memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mensintesis komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah cangkang agar dapat meningkatkan sifat untuk material konstruksi tersebut.
2. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah bata ringan dan kulit kerang darah yang efisien dan ramah lingkungan.
3. Memanfaatkan limbah cangkang kerang, serat gelas, bata ringan sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak lingkungan yang positif dengan adanya pengurangan limbah cangkang kerang dalam jumlah yang besar.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Komposit**

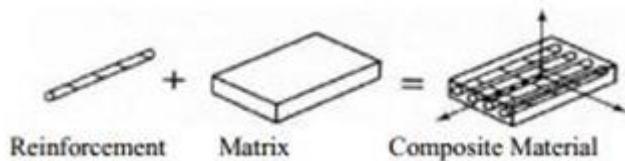
##### **2.1.1 Pengertian Komposit**

Komposit didefinisikan sebagai sebagai bahan yang terbuat dari gabungan secara makroskopis dua bahan atau lebih yang memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda untuk membentuk material baru dengan sifat yang lebih baik. Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya. Matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *interphase* adalah pelekatan antar dua penyusun, *interface* adalah permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain. (Surdia, 2005) . Pada bahan komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih dapat terlihat, hal inilah yang membedakan komposit dengan bahan paduan logam (*alloy*) dimana sifat-sifat bahan pembentuknya tidak dapat lagi terlihat. Bahan komposit dibentuk dari dua unsur utama yaitu unsur serat sebagai penguat (*reinforcement*) dan unsur pengikat (*matrix*). Adapun definisi dari keduanya adalah:

1. *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serbuk atau serbuk. Secara umum, unsur penguat pada komposit harus memiliki keunggulan sifat yang tidak dimiliki oleh unsur pengikat. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga berasal dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, kantula dan lain sebagainya.
2. Matriks, 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).

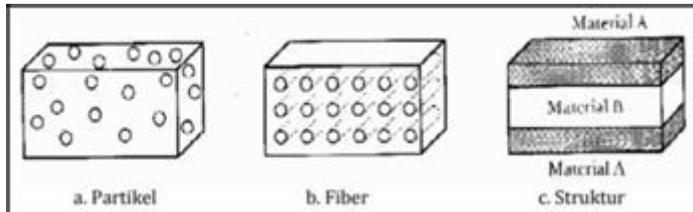
### 2.1.2 Klasifikasi Material Komposit

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

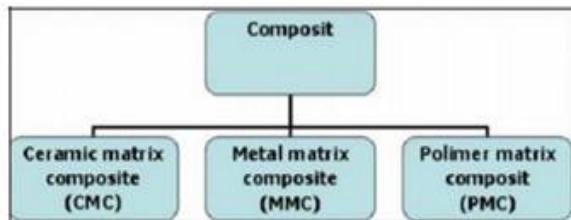
Adapun ilustrasi dari komposisi berdasarkan jenis penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



**Gambar 2.2** Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya (Nayiroh, 2013)

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 Berdasar Jenis Matriksnya (Gibson, 1994)

- a. Komposit matriks polimer (PMC) menggunakan polimer sebagai matriksnya
- b. Komposit matriks logam (MMC) menggunakan logam sebagai matriksnya
- c. Komposit matriks keramik (CMC) menggunakan keramik sebagai matriksnya

### 2.1.3 Komposit Matriks Polimer

Polimer Bahan ini merupakan jenis komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – Fibre Reinforced Polymers or Plastics). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (kevlar) sebagai penguatannya. Secara umum sifat dari komposit ini adalah:

- Dapat dibuat dengan produksi massal
- Ketangguhan baik
- Tahan simpan
- Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
- Kemampuan mengikuti bentuk
- Lebih ringan (Gibson, 1994).

Adapun jenis polimer yang sering digunakan antara lain:

#### 1. *Thermoset*

Polimer *thermosetting* adalah jenis dari polimer yang ketika dipanaskan tidak melunak. Polimer jenis ini mengeras secara permanen pada pembentukannya. Berdasarkan struktur molekulnya polimer *thermosetting* adalah *network polymer* yang memiliki sifat mekanik dan ketahanan panas yang spesifik. Polimer jenis ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan polimer termoplastik. Beberapa contoh polimer termoset adalah *vulcanized rubbers*, *epoxies*, dan poliester resin (Callister, 2007). Contoh dari termoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI) (Surdia, 1995).

## 2. *Thermoplastic*

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. (Callister, 2007).

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- Berat molekul kecil
- Tidak tahan terhadap panas
- Jika dipanaskan akan melunak
- Jika didinginkan akan mengeras
- Titik leleh rendah
- Dapat dibentuk ulang

Contoh dari *thermoplastic* yaitu poliester, nilon 66, PP, PTFE, PET, polieter sulfon, PES, dan polieter eterketon (PEEK).

### 2.1.4 Komposit Laminat

Komposit laminat adalah komposit yang terdiri dari lembaran-lembaran. Lamina biasanya berkaitan dengan penyusunan structural secara *unidirectional* dalam matriks. Perubahan secara struktural sangat penting karena serat sebagai agen pembawa beban sedangkan matrik sebagai pendukung/pelindung serat serta mendistribusikan beban antara serat yang rusak. (Widya, 2009)

### 2.1.5 *Particulate Composites*

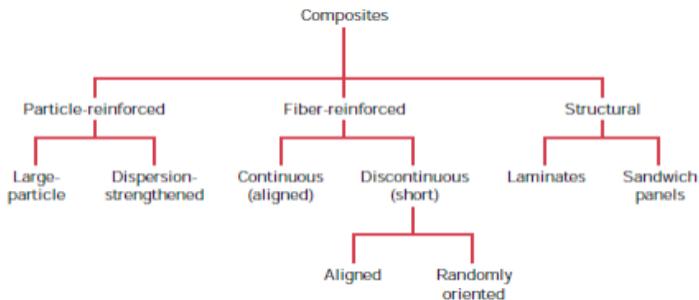
Berdasarkan pada Gambar 2.4, *large particle* dan *dispertion strengthened composites* adalah 2 subklasifikasi dari *particulate composites*. *Large particle* merupakan subklasifikasi komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel, dimana

interaksi antara partikel dan matriks terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Fasa partikel komposit ini lebih keras dan kaku daripada matriksnya. Intinya, matriks memindahkan tekanan yang diberikan kepada partikel. Tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik bergantung kekuatan ikatan pada antarmuka matriks-partikel.

Sedangkan pada *dispersion strengthened composites* ukuran partikel lebih kecil dengan diameter antara 10-100 nm. Interaksi antara partikel dan matriks terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan hampir sama dengan mekanisme *precipitation hardening*. Sedangkan matriks menanggung porsi utama dari beban yang diaplikasikan, partikel-partikel kecil yang terdispersi menghambat atau menghalangi pergerakan dari dislokasi. Dengan demikian deformasi plastis dapat dihambat sehingga *tensile strength* dan *hardness* akan meningkat (Callister, 2008).

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel:

- Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah.
- Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material.
- Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.



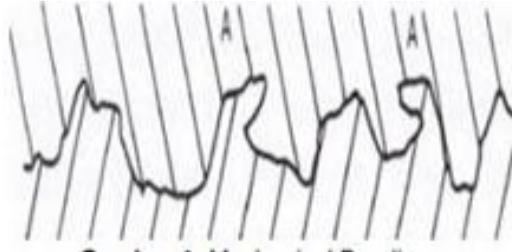
**Gambar 2.4** Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya  
(Callister, 2007)

### 2.1.6 Ikatan *Filler* dan Matriks

Ikatan antara *filler* dengan matriks pada komposit (*interfacial bonding*) dapat terjadi melalui beberapa metode, yaitu:

#### 1. *Mechanical Bonding*

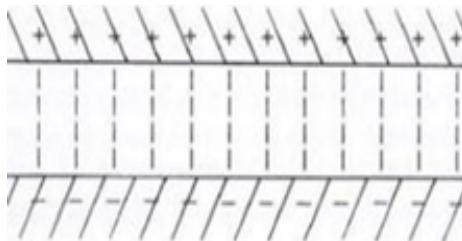
*Mechanical bonding* merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci yang terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar. Dalam *mechanical bonding* beban yang diterima harus paralel terhadap *interface*. Adapun skema dari *mechanical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini:



**Gambar 2.5** *Mechanical Bonding* (Matthews, 1993)

#### 2. *Electrostatic Bonding*

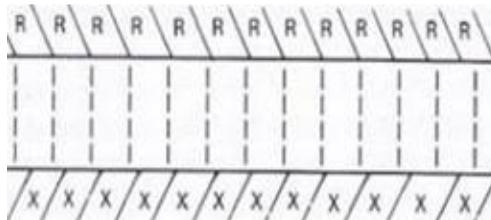
*Electrostatic Bonding* terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Ikatan ini akan sempurna apabila tidak terdapat gas pada permukaan serat yang akan berikatan. Adapun gambar skema dari *electrostatic bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah, yaitu :



**Gambar 2.6** *Electrostatic Bonding* (Matthews, 1993)

### 3. *Chemical Bonding*

*Chemical bonding* ini terjadi akibat adanya energi yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dan di tentukan dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin. (Matthews, 1993). Adapun gambar skema dari *chemical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini, yaitu :



**Gambar 2.7** *Chemical Bonding* (Matthews, 1993)

## 2.2 Serat Gelas

Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pada penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat atau karakteristik yang dimilikinya. Serat gelas terbuat dari *silica, alumina, lime, magnesia* dan lainlain. Keunggulan serat glass terletak pada *ratio* (perbandingan) harga dan *performance* yaitu biaya produksi rendah, proses produksi sangat sederhana , Serat gelas banyak digunakan di industri-industri otomotif seperti pada panelpanel body kendaraan. Bahkan sepeda motor sekarang seluruh body terbuat dari komposit yang berpenguat serat gelas. Komposit *glass-epoxy* dan *glass-polyester* diaplikasikan juga pada lambung kapal dan bagian-bagian pesawat terbang.

Serat gelas terbagi menjadi 3 jenis yaitu serat *E-glass*, serat *C-glass* dan serat *S-glass* (Istanto, 2006). Sifat-sifat serat gelas dapat dilihat pada Tabel 2.1 sedangkan Tabel 2.2 berisi karakteristik mekanik komposit dari beberapa serat gelas.

**Tabel 2. 1** Sifat Serat Gelas (Isanto,2006)

No.	Jenis Serat		
	<i>E-Glass</i>	<i>C-Glass</i>	<i>S-Glass</i>
1.	Isolator listrik yang baik	Tahan korosi	Modulus lebih tinggi
2.	Kekakuan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-glass	Lebih tahan temperatur tinggi
3.	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-glass	Harga lebih mahal dari C-glass

**Tabel 2. 2** Karakteristik Mekanik Komposit Berapara Serat Gelas (Barthelot,1999)

Sifat Mekanis	Satuan	Nilai
Densitas	Kg.m <sup>-3</sup>	2530-2600
Diameter	µm	12
Modulus Elastisitas	GPa	753
Kekuatan tarik	MPa	350
Elongation	%	4.8

Penelitian mengenai komposit yang mengabungkan antara matrik dan penguat yang berupa serat harus memperhatikan beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi performa *fiber-matrix composites* antara lain:

a. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

b. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit,

dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja kokomposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu: yang pertama *one dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah *axis* serat. Yang kedua adalah *two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat. Yang ketiga *three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat.

#### c. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Bila *aspect ratio* makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya dari pada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Serat panjang pada keadaan normal dibentuk dengan proses filament winding, dimana pelapisan serat dengan matrik akan menghasilkan distribusi yang bagus dan orientasi yang menguntungkan. Ditinjau dari teorinya,

serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur *continuous fiber* yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai (Schwartz, 1984). Sedangkan komposit serat pendek, dengan orientasi yang benar, akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continuous fiber*. Hal ini terjadi pada *whisker*, yang mempunyai keseragaman kekuatan tarik setinggi 1500 kips/in<sup>2</sup> (10,3 GPa). Komposit berserat pendek dapat diproduksi dengan cacat permukaan yang rendah sehingga kekuatannya dapat mencapai kekuatan teoritisnya (Schwartz, 1984). Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat *chopped fiber composites* adalah *critical length* (panjang kritis). Panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi (Schwartz, 1984).

d. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya kandungan seratnya juga mempengaruhi (Schwartz, 1984).

e. Faktor Matriks

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap goncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik. Juga kemampuan bertambahnya

elongasi saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan penguat. Selain itu juga perlu diperhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan membasahi penguat, tekanan dan suhu curing, penyusutan.

f. Faktor Ikatan Fiber-Matriks

Komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matrik berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matrik dan serat. Selain itu gaya-gaya yang berpengaruh pada ikatan antara serat-matrik di antaranya yaitu gaya coulomb dan gaya adhesi.

g. *Void*

*Void* atau gelembung udara merupakan akibat yang tidak bisa dihindari pada saat proses pembuatan. Untuk itu sebisa mungkin meminimalkan *void* yang dihasilkan pada bahan komposit. *Void*s (kekosongan) yang terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks, sedangkan penguat selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack*, sehingga komposit akan gagal lebih awal. Kekuatan komposit terkait dengan *void* adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat. *Void* juga dapat mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan

*interfacial* antara matrik dan serat yang kurang besar (Schwartz, 1984).

### 2.3 Limbah Cangkang Kerang

Kerang darah hidup di dalam pasir pantai pada kedalaman 10-30m. Kerang darah memiliki ciri khusus yaitu mempunyai dua penutup cangkang (*valve*) yang dapat menutup dan membuka karena adanya engsel atau sendi elastis yang menjadi penghubung antara keping cangkang pada kerang darah. Adapun klasifikasi dan identifikasi dari spesies kerang darah adalah sebagai berikut :

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Phyllum</i>	: <i>Mollusca</i>
<i>Class</i>	: <i>Bivalvia</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Pteriomorphia</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Arcoida</i>
<i>Famili</i>	: <i>Archidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Anadara</i>
<i>Species</i>	: <i>Anadara Granosa</i>

*Anadara Granosa* menyukai kawasan muara yang terlindung, terutama yang memiliki komunitas *mangrove* dan berlumpur halus, dengan salinitas antara 14-29 dan kisaran suhu air maupun sedimen 20°C (FAO, 2009) sampai 40°C (Afiati, 2006). *Anadara Granosa* tidak memiliki sifon, hanya tepi mantelnya yang digulung seperti sifon, karena itu mereka tidak dapat membenamkan diri jauh ke dalam sedimen. *Genus Anadara* yang memiliki *byssus* (benang pelekak) melekatkan diri pada bebatuan, karang atau cangkang individu lain; sedang yang tidak memiliki *byssus* bentuk cangkangnya yang menggelembung membantu mereka agar tidak karam ke dalam lumpur yang halus (Afiati, 2006).



**Gambar 2 8** Cangkang Kerang Darah (Afiati, 2006).

Pada penelitian ini menggunakan (*Anadara granosa*) yang telah di haluskan dan di *shieving* sesuai dengan ukuran yang di tentukan. Adapun cangkang kerang darah mempunyai massa jenis 2.61 gram/cm<sup>3</sup>. Kerang jenis ini banyak dijumpai di pantai-pantai yang ada di sekitar Kabupaten Lamongan. Lingkungan tampak tidak terawat dengan banyaknya limbah cangkang kerang yang menumpuk. Cangkang kerang mengandung zat yang dibutuhkan dalam campuran pembuatan material bangunan seperti yang disajikan pada Tabel 2.3 berikut:

**Tabel 2. 3** Karakteristik Serbuk Cangkang Kerang (Nehemia Martua Saragih, 2017)

<b>Parameter</b>	<b>Persentase kandungan kimia (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	7,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25
CaO	66,70
MgO	22,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03

Kandungan CaO pada cangkang kerang ini yang sesuai dengan kandungan CaO pada semen yang berfungsi sebagai pengikat (Apiantoro, 2017). Selain itu, kandungan MgO pada serbuk cangkang kerang mampu meningkatkan sifat mekanik dari komposit yang dihasilkan (Tantra, 2015).

## 2.4 Limbah Bata Ringan

Bata ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, tahan air dan tahan api, awet (*durable*). Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat rata-rata yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperringan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung. Menurut Kristanti dan Tansajaya (2008), pada dasarnya pembuatan bata ringan dilakukan dengan cara menyertakan udara dalam komposisinya, dengan cara sebagai berikut : 1. *No-Fines Concrete*. 2. *Lightweight Aggregate Concrete*. 3. *Aerated Concrete*. 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/busanya berfungsi sebagai media untuk membungkus udara.

### 2.4.1 Bata Ringan CLC

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 jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan terdistribusi secara merata. CLC memiliki densitas antara  $400 \text{ kg/m}^3$  hingga  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Namun untuk pekerjaan struktur, densitas CLC yang baik untuk digunakan berkisar antara  $1200 \text{ kg/m}^3$  hingga  $1400 \text{ kg/m}^3$ . 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 bubuk alumina, bata akan mengembang lagi bila 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  $400 \text{ kg/m}^3$  sampai  $1800 \text{ kg/m}^3$  yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya yaitu :

1. Kepadatan rendah ( $400\text{-}600 \text{ kg/m}^3$ ) biasa digunakan untuk bahan isolasi, sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan thermocole, glasswool, woodwool, dan lain-lain.
2. Kepadatan sedang ( $800\text{-}1000 \text{ kg/m}^3$ ) dapat digunakan untuk pembuatan precast blocks dengan dimensi  $500 \times 250 \times 200/100 \text{ mm}$  yang digunakan sebagai dinding (pengganti batu bata).
3. Kepadatan tinggi ( $1200\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ ) dengan kuat hancur (crushing strength) antara  $65\text{-}250 \text{ kg/m}^3$ , biasa dipakai sebagai struktur.

## 2.5 Semen Mortar

Mortar merupakan campuran yang terdiri dari agregat (pasir), air dan semen pada proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Penerapan mortar lebih cenderung pada pekerjaan non-struktural seperti plesteran dinding, perekat pasangan batu bata, spesi pada pondasi batu kali, plesteran pada pemasangan keramik, batako, paving block, buis beton, roster dan sebagainya. Dilihat dari fungsinya mortar yang baik harus awet/tahan lama, mudah di kerjakan, tahan terhadap unsur perusak. Manfaat mortar sebagai bahan perekat dapat menutupi atau menghilangkan permukaan bata yang tidak rata untuk menyalurkan beban. Fungsi dari mortar dalam plesteran untuk melindungi keawetan pasangan bata, meratakan permukaan tembok, pengikat antara pasangan 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, mortarnya disebut mortar lumpur. Jika bahan perekatnya dari kapur (dapat juga ditambah semen merah) disebut dengan mortar kapur, serta bila bila bahan perekatnya semen portland disebut dengan mortar

semen. Bahan perekat tersebut bila dicampur dengan air akan menjadi pasta yang berfungsi untuk merekatkan butir-butir pasir. Beberapa jenis mortar pasir, tanah liat (lumpur) dan air. Bahan-bahan tersebut 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 sedikit pasir menghasilkan mortar yang retakretak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat merekat. Mortar ini biasa dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api di pedesaan. (b) Mortar kapur dibuat dari pasir, semen merah, kapur dan air. Semen merah berfungsi sebagai pozolan untuk membantu reaksi antara kapur dan air, namun semen merah sendiri bila dicampur dengan air tidak bereaksi. Kapur, semen merah, dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya agar diperoleh kelecakan adukan yang tepat. Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan, sehingga jumlah pasir umumnya dipakai dua atau tiga kali volume kapur. Mortar ini biasa dipakai untuk pembuatan dinding tembok batu bata. (c) Mortar semen dibuat dari pasir, semen portland dan air. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1 : 2 atau 1 : 6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada dari kedua mortar di atas. Oleh karena itu mortar ini sering dipakai untuk tembok, pilar, kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini kedap air maka sering juga dipakai sebagai untuk bagian luar bangunan dan berada di bawah tanah. (d) Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus seperti pada mortar jenis (a), (b) dan (c) di atas dengan tujuan tertentu. Pertama mortar ringan diperoleh dengan menambahkan asbestos, fiber, juta fibres (serat rami), butir-butir kayu, serbuk gergajian kayu dan sebagainya. Mortar ini baik untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Kedua mortar tahan api diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api dengan aluminous

cement dengan perbandingan volume satu aluminous cement dan dua bubuk bata api. Mortar ini bisa dipakai untuk tungku api dan sebagainya. Mortar mempunyai 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 – 1,7 MPa. Mortar semen mempunyai berat jenis antara 1,8 – 2,2, sedangkan untuk mortar kapur antara 1,80 – 1,90 (Oka, 2006).

## **2.6 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).

### **2.6.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel**

Adapun faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel adalah sebagai berikut (Sutigno, dalam Hesty 2009) :

1. Berat jenis partikel

Perbandingan antara kerapatan atau berat jenis papan partikel harus lebih dari satu, yaitu sekitar 1,3 agar mutu papan partikelnya baik. Pada keadaan tersebut proses pengempaan berjalan optimal sehingga kontak antar partikel baik.

2. Zat ekstraktif partikel

Partikel yang berminyak akan menghasilkan papan partikel yang kurang baik dibandingkan dengan papan partikel dari kayu yang tidak berminyak. Zat ekstraktif semacam ini akan mengganggu proses perekatan.

### 3. Jenis partikel

Pada umumnya papan partikel terbuat dari bahan kayu, akan tetapi ada juga yang menggunakan beton dalam aplikasinya. Baik atau tidaknya tergantung dari material penyusunnya dan juga karakteristik dari papan partikel tersebut.

### 4. Campuran papan partikel

Keteguhan lentur papan partikel dari campuran ada diantara keteguhan lentur papan partikel jenis tunggalnya, karena itu papan partikel struktural lebih baik dibuat dari lebih sedikit campuran dari pada yang campurannya banyak.

### 5. Ukuran partikel

Papan partikel yang dibuat dari tatal akan lebih daripada yang dibuat dari serbuk karena ukuran tatal lebih besar daripada serbuk. Karena itu, papan partikel struktural dibuat dari partikel yang relatif panjang dan relatif lebar.

### 6. Perekat

Penggunaan perekat eksterior akan menghasilkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior akan menghasilkan papan partikel interior. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan, misalnya karena ada perbedaan dalam komposisi perekat dan terdapat banyak sifat papan partikel. Sebagai contoh, penggunaan perekat urea formaldehid yang kadar formaldehidnya tinggi akan menghasilkan papan partikel yang keteguhan lentur dan keteguhan rekat internalnya lebih baik tetapi emisi formaldehidnya lebih jelek.

## 2.6.2 Syarat Mutu Papan Partikel

Syarat mutu suatu papan partikel di Indonesia telah diatur dalam standar SNI 03–2105–2006 pada Tabel 2.4.

**Tabel 2. 4** Toleransi Tebal Papan Partikel (SNI 03-2105-2006)

No.	Macam Papan Partikel	Tebal (mm)	Toleransi Tebal (mm)		
			Tidak diampelas	Diampelas	Dekoratif
1	Papan partikel biasa	< 15	± 1,0	± 0,3	-
		> 15			
2	Papan partikel berlapis venir	< 20	± 1,2	± 0,3	-
		> 20	± 1,5	± 0,3	
3	Papan partikel dekoratif	< 18	-	-	± 0,5
		> 18	-	-	± 0,6

Selain standard SNI yang di gunakan, papan partikel semen cenderung lebih tepat menggunakan standard ISO 8335 (1987). Pada Tabel 2.5 merupakan perbandingan antara standard SNI dan ISO yang digunakan, sebagai berikut :

**Tabel 2. 5** Tabel Perbandingan Sifat Papan Partikel SNI 03-2105-2006 dan ISO 8335 (1987)

Sifat Papan Semen	Standar	
	ISO 8335 1987	SNI 03-2105-2006
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	>1,0	0,4-0,9
Absorpsi Air (%)	6-12	<12
Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	>90	82-184

MOE (kg/cm <sup>3</sup> )	>29.411	20.400-30.600
IB (kg/cm <sup>3</sup> )	-	1,5-3,1
Pengembangan tebal (%) setelah perendaman air	<2%	20-25
Cabut sekrup	50	-

## 2.7 Rule of Mixture

*Rule of mixture* adalah sebuah aturan untuk memprediksi sifat mekanik dari sebuah komposit yang memiliki *reinforced* berupa serat ataupun partikel. Dengan adanya *rule of mixture* dapat dihitung properties yang diperoleh dari tiap matrik dikalikan dengan fraksi volume kemudian ditambahkan dengan perkalian oleh *reinforced* dengan fraksi volumenya.

Perhitungan fraksi volume dari serat/partikel ( $V_f$ ) menurut Callister (2007) dapat dirumuskan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$V_f = \frac{vf}{vc} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana  $v_f$  adalah volume dari serat/partikel dan  $v_c$  adalah volume dari komposit.

Fraksi volume dari matrik ( $V_m$ ) dapat dirumuskan pada Persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$V_m = \frac{vm}{vc} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana  $v_m$  adalah volume dari matrik dan  $v_c$  adalah volume dari komposit.

Penjumlahan dari fraksi volume matrik ( $V_m$ ) dan fraksi volume *reinforced* ( $V_f$ ) pada Persamaan 2.3 berikut :

$$V_m + V_f = 1 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Properties dari sebuah komposit dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan beberapa aspek yaitu properties dari matrik, fraksi volume matrik, properties *reinforced*, dan fraksi volume dari *reinforced*. Sebagai contoh dapat dirumuskan pada Persamaan 2.4 untuk memperkirakan sebuah modulus elastisitas dari komposit :

$$E_c = E_m V_m + E_f V_f \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- $E_c$  = modulus elastisitas komposit
- $E_m$  = modulus elastisitas matrik
- $E_f$  = modulus elastisitas fiber/*reinforced*
- $V_m$  = fraksi volume matrik
- $V_f$  = fraksi volume fiber/*reinforced*

## 2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian dilakukan oleh ilmuan di seluruh dunia untuk menciptakan suatu material modern dan canggih. Dimana material tersebut mampu bersaing bahkan melebihi material-material yang sudah ada saat ini dengan sifat mekanik yang jauh lebih baik. Salah satunya adalah penelitian mengenai bahan komposit. Komposit dipilih karena sifat mekaniknya yang tidak kalah dengan logam tapi memiliki karakteristik yang lebih ringan. Komposit sendiri kini sudah sangat berkembang, salah satunya digunakan dalam aplikasi papan partikel.

Penelitian dilakukan oleh (Aris Widodo, 2017) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *roving* pada beton non pasir terhadap kuat tekan dan kuat tarik belahnya.. Benda uji

yang digunakan dalam penelitian ini, untuk masing- masing jenis variable berupa 3 silinder uji tekan. Perbandingan volume adukan adalah 1:5 (semen:kerikil) sedang serat gelas *roving* yang digunakan panjangnya 3 cm. Penambahan serat *roving* masing-masing adukan sebanyak 0% , 2.5% , 5% , 7.5% , 10 % diambil dari berat semen. Dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan serat gelas *roving* dapat meningkatkan kuat tekan beton non pasir. Dengan penambahan serat *roving* kuat tekan beton dengan perbandingan agregat 1:5 , optimal pada persentase penambahan serat gelas *roving* sebesar 5%.

Penelitian oleh (Muhammad, 2016) mengenai pengaruh komposisi kulit kerang darah ( *Anadara Granosa* ) terhadap kerapatan, keteguhan patah komposit partikel polyester telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh komposisi kulit kerang darah (*Anadara Granosa*) terhadap densitas dan keteguhan patah (*Modulus of Rupture*) papan partikel komposit. Metode penelitian ini adalah pengempaan plat cetakan papan partikel sejajar dengan memvariasikan komposisi kulit kerang darah (*Anadara Granosa*) sebesar 0, 10, 20, 30 40, 50 dan 60 (% w). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa pengaruh komposisi kulit kerang darah berpengaruh terhadap sifat kerapatan dan sifat keteguhan patah, Nilai keteguhan patah sebesar 40,94 MPa pada komposisi 30% kulit kerang.

Penelitian mengenai pengaruh substitusi cangkang kerang darah (*Anadara Granosa* ) dengan agregat halus terhadap kuat tekan beton telah dilakukan oleh (Muhammad Hasbi, 2015). Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang sekaligus menyelamatkan lingkungan pantai dari pencemaran sekaligus mencari inovasi baru pada tehnologi beton, dan ingin mengetahui bagaimana pengaruhnya sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran beton. Substitusi cangkang kerang halus dengan variasi 5% , 10% dan 15 % dari volume agregat halus. Hasil pengtesan beton diperoleh kuat tekan sebesar: 20.6 MPa , 26.3 MPa , 23.4 MPa , dan 19.7 MPa. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa substitusi cangkang kerang optimum 5

% meningkatkan kuat tekan maksimum (27,7%) dari beton normal, sedangkan substitusi cangkang kerang 10% terhadap agregat halus meningkatkan kuat tekan beton 23,3 % dari beton normal, maka substitusi serbuk cangkang kerang 5 % dan 10 % dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan kuat tekan beton, sedangkan substitusi 15% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 4,4% dari beton normal.

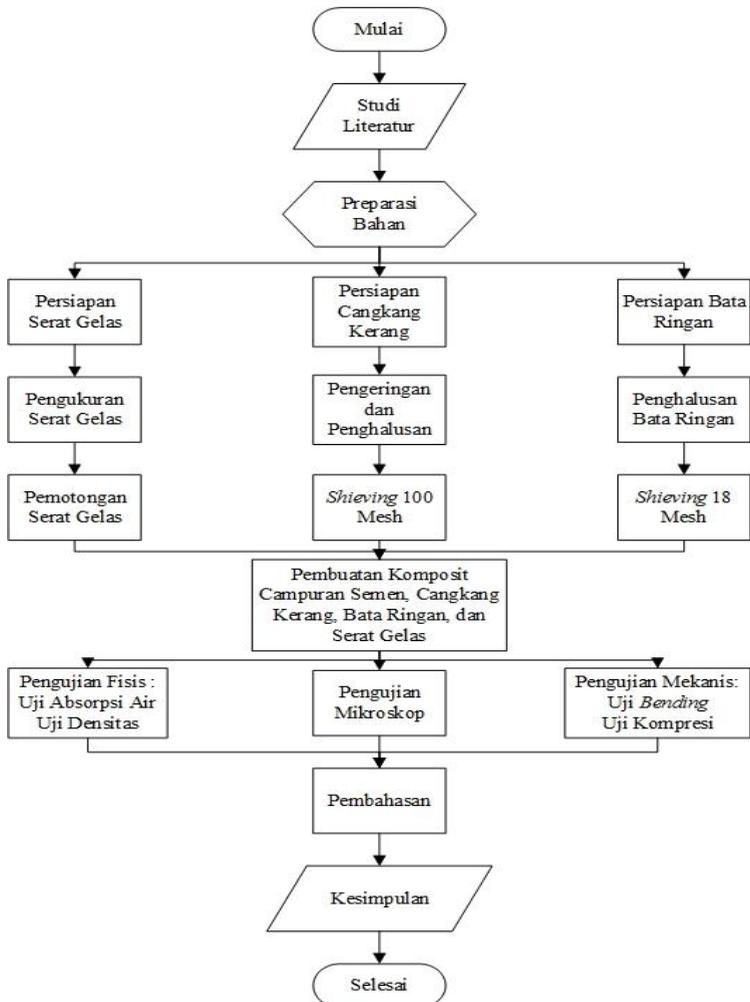
Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan nantinya dapat memberikan solusi untuk peningkatan performa dari material bangunan khususnya dinding partisi dengan pemanfaatan limbah cangkang kerang sebagai penguat. Diharapkan melalui penelitian ini juga didapatkan solusi yang mudah, efektif, dan efisien untuk pengolahan limbah cangkang kerang yang saat ini begitu menumpuk diberbagai daerah atau disekitar bibir pantai. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi yang baik untuk perkembangan industri pengolahan limbah cangkang kerang yang dapat memberikan dampak sosial dan ekonomi yang positif.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Percobaan

## 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen  
Semen yang dipakai adalah jenis semen mortar
2. Air  
Air yang digunakan adalah air keran di laboratorium inovasi material Departemen Teknik Material ITS
3. Serat Gelas *Mesh Tape*  
Gambar 3.2 menunjukkan serat gelas *mesh* yang digunakan sebagai *filler* pada komposit.



**Gambar 3. 2** *Mesh Tape Fiberglas*

4. Limbah Cangkang Kerang  
Limbah Cangkang Kerang yang digunakan berasal dari botol air mineral yang dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil.
5. Bata Ringan  
Pada Gambar 3.3 menunjukkan bata ringan yang didapatkan dari bata ringan bekas sisa pembangunan. Bata ringan yang digunakan adalah jenis CLC.



**Gambar 3. 3** Bata Ringan CLC

#### 4.2.2 Peralatan Penelitian

1. Cetakan

Gambar 3.4 menunjukkan cetakan pembuatan spesimen. Bahan yang digunakan adalah kayu dan papan kayu.



**Gambar 3. 4** Cetakan Pembuatan Spesimen

2. Timbangan Digital

Gambar 3.5 menunjukkan timbangan yang digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan.



**Gambar 3.5** Timbangan Digital

2. Alat Uji Mikroskop

Alat uji mikroskop yang digunakan untuk mengetahui morfologi dari sampel komposit, yang merupakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS, yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 :



**Gambar 3.6** Alat Uji Mikroskop USB

3. *Alat Shieving*

Gambar 3.7 merupakan alat *shieving* yang digunakan untuk menyeragamkan ukuran partikel. Dalam penelitian ini adalah cangkang kerang.



**Gambar 3. 7** *Alat Shieving*

4. *Alat Uji Bending*

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



**Gambar 3. 8** *Alat Uji Bending*

### 6. Oven

Merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan cangkang kerang supaya menjadi lunak dan tidak lengket. Alat ini juga sudah tersedia di laboratorium Material Inovatif departemen Teknik Material ITS.

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat cangkang kerang darah dan serat gelas, sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah semen dan bata ringan. Untuk lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

**Tabel 3. 1** Variabel Penelitian

No	Campuran Semen dan Bata Ringan (%)	Cangkang Kerang (phr)	Serat Gelas (phr)
1	100	0	0
2	100	5	0
3	100	10	0
4	100	15	0
5	100	0	0,28
6	100	5	0,28
7	100	10	0,28
8	100	15	0,28

### 3.4 Prosedur Penelitian

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan ini penting dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan.

#### 3.4.1 Persiapan Serat Gelas *Mesh Tape*

1. Serat gelas yang tersedia disiapkan terlebih dahulu.
2. Serat di ukur panjang dan lebar dari serat gelas yang dibutuhkan untuk setiap cetakan pengujian spesimen.
3. Serat gelas dipotong sesuai dengan yang sudah dihitung.

### 3.4.2 Persiapan Limbah Cangkang Kerang

1. Limbah cangkang kerang dicuci hingga bersih untuk menghilangkan unsur pengotor pada permukaan cangkang kerang.
2. Setelah itu, limbah cangkang kerang dijemur di bawah sinar matahari selama 3 jam untuk menghilangkan kandungan air.
3. Limbah cangkang kerang yang sudah kering, dioven selama 5 jam pada temperature 110°C untuk melunakkan cangkangmya dan juga agar tidak lengket.
4. Menghaluskan limbah cangkang kerang dengan alat *crusher* atau *ball milling*.
5. Melakukan *shiving* serbuk cangkang kerang dengan ukuran yang homogen sebesar 100 mesh.

### 3.4.3 Pembuatan Komposit

1. Menimbang massa dari semen, bata ringan dan air dengan perbandingan 2 : 2 : 1
2. Menimbang massa dari cangkang kerang dengan komposisi yang diinginkan.
3. Menuangkan agregat ke dalam wadah yang berisi campuran semen dan bata ringan, lalu dicampur.
4. Menuangkan air ke dalam wadah yang berisi campuran semen, bata ringan dan agregat limbah, setelah itu dilakukan pengadukan.
5. Setelah itu, menuangkan  $\frac{1}{2}$  komposit ke dalam cetakan yang tersedia.
6. Meletakkan serat gelas di atas komposit yang sudah dituangkan.
7. Menuangkan  $\frac{1}{2}$  komposit yang tersisa.
8. Menunggu waktu pengeringan komposit selama 28 hari.
9. Melakukan pembuatan komposit untuk komposisi rancangan uji yang berbeda.

### 3.4.4 Proses Pengujian

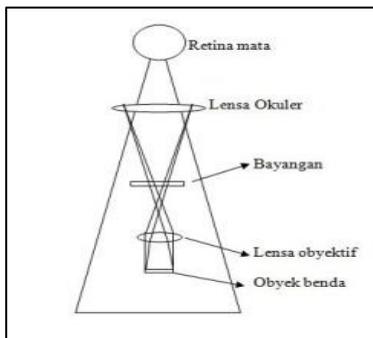
#### 1. Pengujian Mikroskop

Pengujian mikroskop bertujuan untuk mempelajari morfologi (bentuk permukaan), persebaran partikel, dan keberadaan pori. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10mm x 10mm x 3mm.

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 Kerja Alat Mikroskop (ASTM E 1951)

## 2. 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 komposit beton digunakan standar ASTM C 642, dan dihitung dengan Persamaan 3.1 :

$$P_{pc} = (m_s / (m_g - m_k)) \times \text{densitas fluida} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

$P_{pc}$  : densitas ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$m_s$  : massa sampel kering (gr)

$m_g$  : massa sampel digantung didalam air (gr)

$m_k$  : massa benang 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. Pengujian Absorpsi Air

Pengujian angka penyerapan air digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering. Standar proses pengujian nilai penyerapan air mengacu pada ASTM C1403 dimana dalam prosesnya spesimen direndam terlebih dahulu di dalam akuades

selama 24 jam kemudian ditimbang untuk mengetahui berat basah dari spesimen yang ada. Setelah itu spesimen dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dalam temperatur 50° C kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang beton, besar *water Absorbability* maksimal adalah 10 %. Kemudian data yang ada dimasukkan ke Persamaan 3.2 untuk mengetahui nilai *water absorbability*-nya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Absorpsi} = \frac{w-k}{w} \times 100\%$$

(3.2)

Keterangan:

w = berat material setelah direndam (gram)

k = berat material pada saat sebelum direndam (gram)

#### 4. Pengujian Kuat Tekan (*Compression Strength*)

Pengujian ini di lakukan di Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

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 ASTM C109. Ukuran dimensi spesimen adalah 5cmx5cmx5cm. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan pada Persamaan 3.3 :

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

(3.3)

Keterangan:

P = beban tekan (N)

$A = \text{luas bidang tekan (cm}^2\text{)}$

### 5. Pengujian Beban Lentur (*Flexural Strength*)

Pengujian kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode *three point bending*, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM C 293. Dimensi spesimen yang diuji adalah 14 x 3x 3 cm. Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut:

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (Kg/cm<sup>2</sup>)

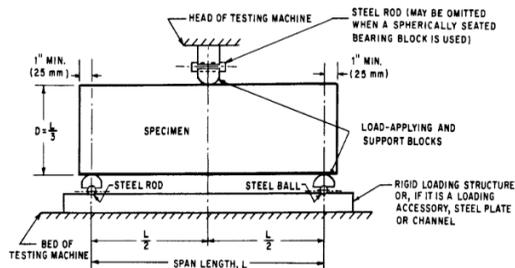
L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

Adapun untuk cara atau skema pengujian *bending* bisa dilihat pada Gambar 3.10 dibawah ini :



**Gambar 3. 10** Skema Pengujian *Bending* (ASTM C293)

### 3.5 Rancangan Penelitian

Berikut adalah Tabel 3.2 rancangan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini :

**Tabel 3.2** Rancangan Penelitian

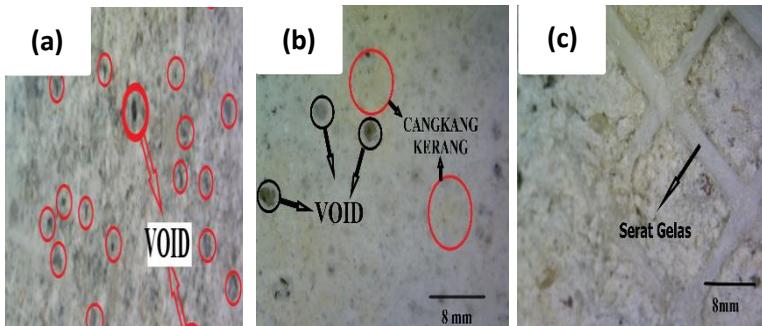
No	Komposisi semen/ bata ringan/CK/SG (phr)	Pengujian				
		Mik rosk op	Kom -presi	Abso- rbsi Air	Den- sitas	Beban Lentur
1	50/50/5/0.28	√	√	√	√	√
2	50/50/10/0.28	-	√	√	√	√
3	50/50/15/0.28	-	√	√	√	√
4	50/50/0/0.28	-	√	√	√	√
5	50/50/5/0	-	√	√	√	√
6	50/50/10/0	-	√	√	√	√
7	50/50/15/0	√	√	√	√	√
8	50/50/0/0	√	√	√	√	√

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Mikroskop

Spesimen komposit di amati menggunakan Mikroskop yang dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh pencitraan yang besar dari obyek yang sangat kecil (orde mikro). Dalam hal ini adalah untuk mengamati morfologi permukaan dari komposit yang dibuat.

Berikut adalah hasil pengujian mikroskop untuk material komposit semen tanpa/dengan *filler* serat gelas dan cangkang kerang :

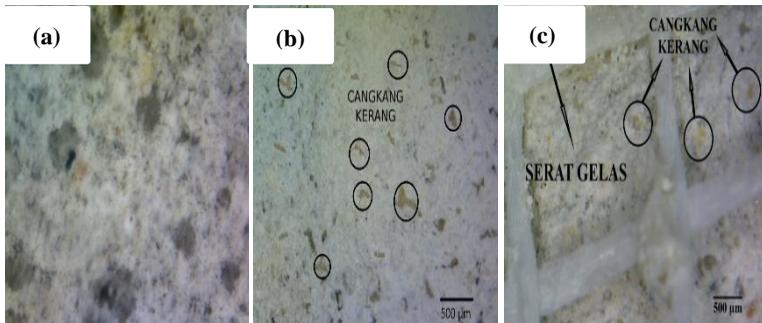


**Gambar 4. 1** Hasil Fotomikrografi Komposit (a) Tanpa Filler (b) Penambahan 15 phr Cangkang Kerang (c) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang + Serat Gelas dengan Perbesaran 100x

Gambar 4.1, menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 15 phr cangkang kerang dan (c) penambahan 5 phr cangkang kerang serta serat gelas jenis *mesh* dengan perbesaran 100x. Komposit tanpa penambahan serat gelas dan cangkang kerang menunjukkan terdapat banyak *void* yang terbentuk di dalam komposit. Hal tersebut dapat disebabkan karena *wettability* yang kurang baik dimana *matrix* 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)

Sedangkan komposit dengan penambahan 15 phr cangkang kerang dengan serat gelas menunjukkan citra fotomikrografi yang lebih baik dimana keberadaan *void* lebih sedikit bila dibandingkan dengan komposit tanpa penambahan serat gelas maupun cangkang kerang. Sedangkan pada gambar kedua yang merupakan komposit dengan penambahan hanya cangkang kerang menunjukkan fotomikrografi yang paling baik di antara semuanya. Berkurangnya rongga/*void* dapat mempengaruhi beberapa sifat fisik seperti penyerapan air (Abharan, 2018)



**Gambar 4. 2** Hasil Fotomikrografi Komposit (a) Tanpa Filler (b) Penambahan 15 phr Cangkang Kerang dan (c) Penambahan 5 phr Cangkang Kerang + Serat Gelas Mesh dengan Perbesaran 350x

Sedangkan pada Gambar 4.2. di atas menunjukkan perbandingan hasil citra fotomikrografi dari komposit dengan (a) tanpa *filler* (b) penambahan 15 phr dan (c) merupakan gambar penambahan 5 phr cangkang kerang dan serat dengan perbesaran 350x dimana komposit dengan penambahan serat gelas dan cangkang kerang memperlihatkan morfologi yang lebih halus/rata dan tidak terlihat banyak *void*/rongga. Dari Gambar 4.2 menunjukkan persebaran *filler* yang merata dari *filler* serat gelas dan cangkang kerang pada komposit papan partikel semen.

Persebaran *filler* yang merata pada komposit dapat mempengaruhi peningkatan sifat mekaniknya (Helena, 2014)

Ikatan antara matriks dan *filler* yang baik dan persebarannya yang merata sama-sama akan menaikkan sifat mekanik komposit. Semakin baik *interface bonding* dan persebaran *filler* yang terdapat dalam komposit maka akan memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi. Sifat mekanik yang dipengaruhi salah satunya adalah nilai kuat tekan yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

## 4.2 Hasil Pengujian Densitas

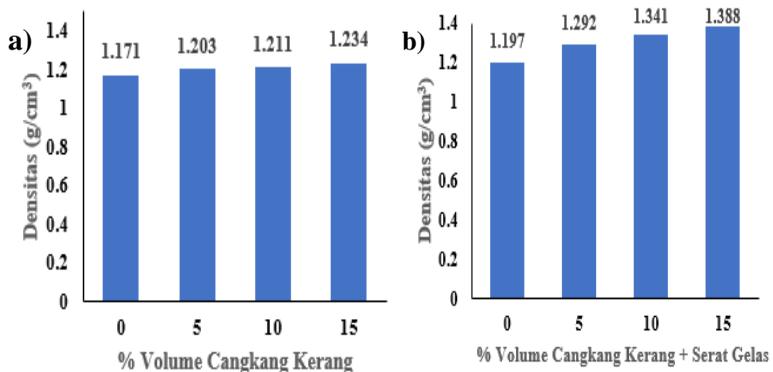
Pengujian kerapatan atau densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari setiap spesimen komposit papan partikel yang terbuat dari campuran bata ringan/semen mortar/cangkang kerang/serat gelas ini. Pengujian ini dilakukan supaya dapat mengetahui massa jenis dari setiap spesimen papan partikel semen yang telah dibuat tersebut yang mana nantinya akan digunakan sebagai acuan layak tidaknya papan partikel ini untuk di aplikasikan sesuai dengan standard pengujian yang sesuai. Hasil pengujian densitas dari spesimen papan partikel campuran semen/bata ringan/cangkang kerang/serat gelas yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Hasil Uji Densitas Komposit

No	<i>Filler</i>		± Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
	Serat Gelas (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	1,171
2	0	5	1,203
3	0	10	1,211
4	0	15	1,234
5	0,28	0	1,197

6	0,28	5	1,292
7	0,28	10	1,341
8	0,28	15	1,388

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada komposit tanpa penambahan *filler* serat gelas dan cangkang kerang memiliki densitas paling kecil yakni sebesar  $\pm 1,171 \text{ g/cm}^3$  (spesimen no 1). Sedangkan komposit dengan densitas paling besar yakni sebesar  $\pm 1,388 \text{ g/cm}^3$  adalah dengan komposisi cangkang kerang sebesar 15 phr ditambah dengan serat gelas (spesimen no 8). Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Hasil Pengujian Densitas Komposit (a) Penambahan Cangkang Kerang (b) Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.

Pada Gambar 4.3 diperlihatkan bahwa nilai densitas komposit dengan penambahan cangkang kerang lebih besar dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan akan meningkat nilai densitasnya seiring dengan pertambahan komposisi cangkang kerang, meskipun pada penambahan cangkang kerang dengan volume 10

phr tidak mengalami penambahan densitas yang terlalu besar jika dibanding dengan penambahan cangkang kerang dengan volume 5 phr dari 0 phr. Meskipun demikian, penambahan cangkang kerang menunjukkan bahwa akan cenderung menaikkan nilai densitas dari papan partikel semen.

Kenaikan densitas saat penambahan cangkang kerang disebabkan karena cangkang kerang memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan material penyusun komposit lainnya (semen dan bata ringan) yakni sebesar  $2,61 \text{ g/cm}^3$ . 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 akan memiliki nilai densitas yang juga besar dan juga sebaliknya (Nurun, 2013).

Sedangkan nilai densitas komposit papan semen naik seiring dengan penambahan serat gelas. Hasil yang didapatkan dari pengujian densitas pada papan partikel semen dengan penambahan serat gelas nilainya lebih tinggi dari papan partikel yang hanya dilakukan penambahan komposisi cangkang kerang saja. Hal ini dikarenakan nilai densitas dari serat gelas itu juga tinggi, yaitu sebesar  $2,53 \text{ g/cm}^3$ , sehingga mengakibatkan kenaikan densitas papan partikel (Ridwan, 2016).

Dari penelitian yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa spesimen dari seluruh variasi komposisi tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006 karena memiliki densitas lebih dari  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Namun, menurut ISO 8335 (*cement bonded particle*) spesimen dari seluruh variasi telah memenuhi standar dari papan partikel karena telah mencapai target densitas papan partikel, yakni minimal  $1 \text{ g/cm}^3$ .

#### **4.3 Hasil Pengujian Absorpsi Air**

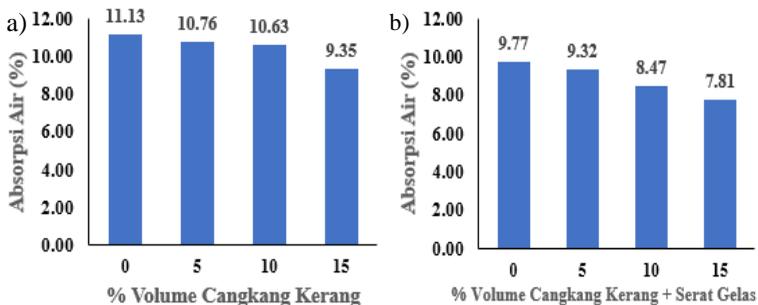
Dilakukan untuk mengetahui kemampuan menyerap air dari suatu komposit yang terbentuk. Standar proses pengujian nilai penyerapan air mengacu pada ASTM. Dari hasil pengujian

absorpsi air yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Hasil Uji *Water Absorbability* Komposit  
*Filler*

No	Serat Gelas (phr)	Cangkang Kerang (phr)	$\pm$ Absorpsi Air (%)
1	0	0	11,13
2	0	5	10,72
3	0	10	10,63
4	0	15	9,35
5	0,28	0	9,77
6	0,28	5	9,32
7	0,28	10	8,47
8	0,28	15	7,81

Dari hasil pengujian absorpsi air pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen didapatkan nilai yang paling tinggi yaitu sebesar  $\pm 11,13\%$  pada variasi komposisi tanpa penambahan *filler* (spesimen no 1) sedangkan nilai penyerapan air paling rendah yaitu sebesar  $\pm 7,81\%$  pada variasi komposisi cangkang kerang sebesar 15 phr (spesimen no 8). Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Hasil Pengujian *Water Absorbability* Komposit (a) Penambahan Cangkang Kerang (b) Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai dari absorpsi air akan semakin tinggi seiring dengan semakin sedikitnya cangkang kerang yang ditambahkan. Semakin besar komposisi cangkang kerang yang ditambahkan maka akan semakin kecil nilai absorpsi airnya. Sedangkan penambahan serat gelas juga akan menurunkan nilai absorpsi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan komposit tanpa *filler* dan akan terus menurun nilai absorpsi airnya dengan semakin tingginya komposisi cangkang kerang. Hal itu menunjukkan bahwa penambahan cangkang kerang menurunkan nilai absorpsi air yang juga dibuktikan dengan nilai absorpsi air yang menjadi lebih rendah pada pencampuran kedua material tersebut di dalam komposit. Sehingga pencampuran kedua material *filler* tersebut akan semakin menurunkan nilai absorpsi airnya.

Penurunan nilai absorpsi air terjadi karena penambahan *filler* cangkang kerang yang menjadikan *void* atau rongga udara papan partikel semen berkurang. Hal ini pula yang menyebabkan nilai densitas naik. Dengan demikian semakin besar nilai densitas maka nilai absorpsi air akan semakin kecil. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fitri (2015) yang menyatakan bahwa daya serap air komposit papan partikel semen berbanding terbalik dengan nilai densitas.

Khusus pada papan partikel yang ditambahkan dengan serat gelas menunjukkan penurunan nilai absorpsi air yang signifikan. Hal ini dikarenakan karakteristik dari serat gelas itu sendiri yang tidak bisa menyerap air (Matthews & Rawlings 1999).

Nilai *water absorbability* yang rendah dapat menguntungkan untuk aplikasi bahan bangunan karena risiko kerusakan seperti retakan dan kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan dapat berkurang disebabkan oleh minimnya penetrasi air ke dalam rongga-rongga dari material bangunan (Ananda, 2018). Berdasarkan hasil pengujian *water absorbability* yang telah dilakukan, seluruh variasi komposisi sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel dimana batas maksimum penyerapan air dari papan partikel yaitu sebesar 12%. Sedangkan

berdasarkan standar ISO 8335 seluruh variasi papan partikel juga telah memenuhi standar penyerapan air yakni 6-12%.

#### 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan kompresi dari komposit yang terbuat dari semen, bata ringan, serta *filler* serat gelas dan cangkang kerang. 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.

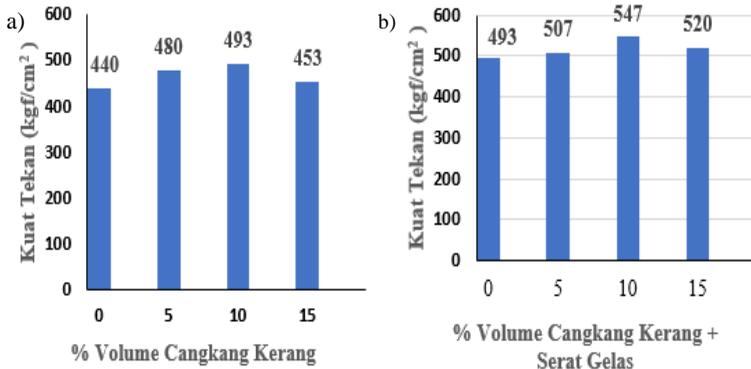
Dari hasil uji kompresi yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3** Hasil Uji Kuat Tekan Komposit

No.	<i>Filler</i>		$\pm$ <i>Compressive Strength</i> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Serat Gelas (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	440
2	0	5	480
3	0	10	493
4	0	15	493
5	0,28	0	493
6	0,28	5	507
7	0,28	10	547
8	0,28	15	520

Dari hasil pengujian kuat tekan pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen nampak bahwa penambahan serat gelas dan cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kekuatan kompresi pada komposit yang telah dibuat. Kekuatan kompresi paling rendah yaitu sebesar  $\pm 440$  kgf/cm<sup>2</sup> pada variasi komposisi tanpa *filler* (spesimen no 1) sedangkan nilai kekuatan kompresi paling tinggi yaitu sebesar  $\pm 547$  kgf/cm<sup>2</sup> pada variasi komposisi serat gelas

ditambah 10 phr cangkang kerang (spesimen no 7). Apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.5.



**Gambar 4. 5** Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit Papan Partikel Semen (a) Variasi Penambahan Cangkang Kerang, (b) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.

Gambar 4.5 (a) menunjukkan bahwa penambahan cangkang kerang akan menaikkan kekuatan kompresi dari komposit sampai pada komposisi tertentu. Penambahan cangkang kerang maksimum agar dapat menaikkan kekuatan kompresi didapatkan pada penambahan 10 phr cangkang kerang.

Sedangkan kenaikan kekuatan kompresi pada penambahan serat gelas dan cangkang kerang karena adanya ikatan yang baik antara matriks (semen) dan *filler* (cangkang kerang dan serat gelas) pada papan semen partikel sehingga menyebabkan nilai kuat tekan pada papan semen partikel bertambah. Penambahan kedua *filler* tersebut secara bersamaan menghasilkan kekuatan kompresi maksimum pada variasi 10 phr cangkang kerang dan serat gelas. Terlihat bahwa apabila kedua material *filler* dicampurkan akan cenderung memiliki efek saling meningkatkan nilai kompresinya. Penyebab dari kenaikan sifat mekanik dari suatu komposit apabila jika dibandingkan dengan tanpa *filler* terjadi karena sifat mekanik dari *filler* itu jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan

matriksnya (Callister, 2007). Selain itu penambahan cangkang kerang yaitu sebanyak 10 phr akan mudah bercampur dengan semen dan tersebar merata sehingga mengakibatkan kuatnya ikatan matriks dengan *filler*. Sebaliknya terlalu banyak penambahan cangkang kerang akan menyebabkan kekuatan papan semen rendah karna ikatan semen dengan *filler* tidak begitu kuat (Fitri, 2015). Hal tersebutlah yang mengakibatkan penurunan nilai kompresi pada saat penambahan cangkang kerang sebesar 15 phr, tidak kuatnya ikatan *filler* dengan matriks apabila terlalu banyak *filler* yang dimasukkan terjadi karena penggumpalan akibat tidak meratanya persebaran *filler*. Hal ini dibuktikan pada pengamatan morfologi permukaan menggunakan mikroskop dengan penambahan 15 phr cangkang kerang pada perbesaran 350x. Nampak penggumpalan terjadi pada *filler* cangkang kerang dilihat dari ukuran yang terpampang.

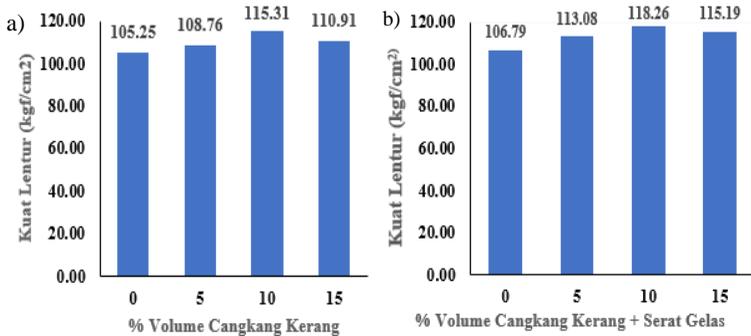
#### **4.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur**

Pada penelitian ini komposit yang telah dibuat dilakukan pengujian kuat lentur untuk mengetahui nilai *flexural strength* sehingga dapat diaplikasikan menjadi papan partikel. Pengujian yang digunakan menggunakan prinsip *3 point flexural test*. Spesimen uji ditempatkan titik tumpu di kedua ujungnya, kemudian diberi beban pada bagian tengahnya hingga patah. Pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Material Inovatif Jurusan Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dari pengujian kuat lentur yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa nilai *flexural strength* yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4. 4** Hasil Uji Kuat Lentur Komposit

No	<i>Filler</i>		$\pm$ <i>Flexural Strength</i> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Serat Gelas (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
1	0	0	105,25
2	0	5	108,76
3	0	10	115,31
4	0	15	110,91
5	0,28	0	106,79
6	0,28	5	113,08
7	0,28	10	118,26
8	0,28	15	115,19

Dari hasil pengujian kuat lentur pada komposit untuk aplikasi papan partikel semen nampak bahwa penambahan cangkang kerang berpengaruh terhadap nilai kuat lentur komposit semen yang telah dibuat. Kuat lentur paling rendah yaitu sebesar  $\pm 105,25$  kgf/cm<sup>2</sup> pada variasi komposisi tanpa *filler* (spesimen no 1) sedangkan nilai kuat lentur paling tinggi yaitu sebesar  $\pm 118,26$  kgf/cm<sup>2</sup> pada variasi komposisi penambahan cangkang kerang 10 phr dan ditambahkan dengan serat gelas (spesimen no 7). Hasil pengujian kuat lentur tersebut apabila dibuat grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 4.6



**Gambar 4. 6** Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit (a) Variasi penambahan cangkang kerang (b) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa penambahan serat gelas dan cangkang kerang akan menaikkan kekuatan lentur dari komposit sampai pada komposisi tertentu. Penambahan serat gelas maksimum agar dapat menaikkan kekuatan lentur didapatkan pada penambahan 10 phr cangkang kerang dan serat gelas. Terlihat bahwa apabila kedua material *filler* dicampurkan akan memiliki efek saling meningkatkan nilai kuat lentur dan ada yang memiliki efek menurunkan nilai kuat lenturnya.

Kenaikan nilai kuat lentur pada penambahan serat gelas disebabkan karena serat berfungsi sebagai tulangan yang disebarkan secara merata pada adukan beton sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan terlalu cepat akibat adanya pembebanan. Sedangkan pada variasi 15 phr nilai kuat lenturnya berkurang menjadi  $\pm 115,19 \text{ kgf/cm}^2$ . Hal ini terjadi karena semakin banyak serat yang digunakan dalam adukan beton akan membuat proses pengerasan dalam adukan beton secara drastis serta dapat mengakibatkan *balling*, dimana serat akan berkaitan

dan membentuk bola yang sangat berongga yang dapat mengurangi kekuatan beton (Nugraha dan Antoni, 2007).

Sedangkan 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 sekitar 10 phr (Gading, 2015). Penambahan cangkang kerang melebihi 10 phr akan cenderung menurunkan nilai kuat lentur komposit tersebut.

Dari data yang didapat diketahui pula bahwa kenaikan nilai kuat *bending* diiringi dengan kenaikan kuat tekan yang sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suhendra (2017) yang membuktikan bahwa adanya korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan beton dimana nilai kuat lentur sebanding dengan nilai kuat tekan.

Berdasarkan nilai *flexural strength* yang didapatkan dari pengujian *bending* pada tiap spesimen, dapat disimpulkan bahwa papan partikel telah memenuhi standar SNI untuk papan partikel dengan kuat lentur minimal 100 kgf/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian ini juga sudah memenuhi standard ISO 8335 dengan persyaratan kuat lentur minimal 90 kgf/cm<sup>2</sup>.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Pengaruh penambahan cangkang kerang dan serat gelas terhadap sifat mekanik komposit papan partikel semen akan mengakibatkan meningkatnya nilai *compression strength* jika dibandingkan tanpa *filler*. Sedangkan nilai tertinggi adalah pada variasi 10 phr cangkang kerang dan serat gelas dengan nilai 547 kgf/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pengaruhnya terhadap nilai *flexural strength* juga mengalami kenaikan dibanding tanpa *filler* dan yang paling besar adalah pada variasi 10 phr cangkang kerang dan serat gelas, yaitu dengan nilai 118,26 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan pada penambahan variasi tersebut jumlah *filler* tidak terlalu banyak sehingga persebarannya bisa sangat merata dan mampu mengisi rongga yang ada pada matriksnya.
2. Pengaruh komposisi cangkang kerang dan serat gelas terhadap sifat fisis komposit papan partikel semen mengakibatkan turunnya nilai penyerapan air dibandingkan tanpa *filler*. Nilai yang paling rendah adalah pada variasi penambahan 15 phr cangkang kerang dan serat gelas, yaitu dengan nilai 7,81 %. Akan tetapi penambahan *filler* mengakibatkan turunnya nilai densitas dibandingkan tanpa *filler*. Nilai densitas yang paling besar adalah pada variasi penambahan 15 phr cangkang kerang dan serat gelas dengan nilai 1,388 g/cm<sup>3</sup>. Densitas yang tinggi dan absorpsi rendah terjadi karena penambahan *filler* yang banyak, hal tersebut menjadikan sedikitnya rongga yang terbentuk sehingga semakin rapat. Selain itu karena sifat dari *fiberglass* dan cangkang kerang sendiri yang hidrofobik.
3. Nilai yang di dapatkan dari pengujian sifat fisis dan mekanis papan semen partikel tidak seluruhnya memenuhi standar SNI 03-2105-2006 karena nilai densitas yang lebih dari 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Namun semua nilai pengujian memenuhi standard ISO 8335.

Komposisi yang paling optimal adalah komposit dengan variasi 10 phr cangkang kerang yang di tambah dengan serat gelas.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya supaya mendapatkan hasil yang lebih baik di antaranya adalah :

1. Penggunaan partikel *filler* dengan ukuran yang lebih kecil dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
2. Diperlukan penelitian proses manufaktur komposit yang lebih cepat dan efisien dalam pembuatan spesimen maupun untuk produksi massal.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk mencari *filler* lain dimana nilai densitasnya lebih rendah supaya memenuhi standard SNI 03-2105-2006.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abharan, A.H.I. 2018. **Studi Pengaruh Komposisi Binder Thermoplastic dari Sampah Plastik PP dan PET terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Komposit Partikulat Untuk Aplikasi Mortar**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ahmad, S, dkk. 2018. **Sugarcane Bagasse Powder as Biosorbent for Reactive Red 120 Removals from Aqueous Solution**. OP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 140 012027
- Ananda, B. 2018. **Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik Polypropylene (PP) Dan Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Sekam Padi Untuk Aplikasi Papan Partikel**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Arbi, M.H. 2015. **Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang dengan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton**. Lentera (15)- 15 : 124-128
- Callister, W. D. (2007). **Material Science and Engineering an Introduction**. Utah: John Wiley & Sons Campbell, F.C. 2010. **Structural Composite Material**. USA: ASM International.
- Deri, A., A. Kurniawandy, H. Taufik. 2017. **Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent**. Riau : Universitas Riau
- Darmawi, M dan Alimin M. 2013. **Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Semen-Gypsum**. Jurnal Fisika Unand (2)-1 : 6-12
- Durao LMP, Panzera TH, Scarpa F, Filho SLMR, Oliveira PR. **Damage Assessment of Fibre Reinforced Laminates**. Compos Struct 2015;133:939–46
- Farsi, M., 2010. **Wood-Plastic Composites: In Fluence of Wood Flour Chemical Modification on The Mechanical Performance**. J. Reinf. Plast. Compos. 29, 3587 –3592.

- Gading, D., S., Rawiana, dan I.H., Merdana. **Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anandra Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) Pada Beton Ringan**. Mataram : Universitas Mataram.
- Geetanjali Das,dkk. 2016. **Physical Mechanical and Water Absorbition Behaviour of Coir Fiber Reinforced Epoxy Composites Filled With Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Particulates**. India: Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology.
- Gibson, R.F.. 1994. **Principles of Composite Material Mechanics**. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Gustin, K.E. 2017. **Pengaruh Penambahan Limbah Bata Ringan Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai California Bearig Ration (CBR)**. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, (3)-3 : 224-230
- Himdani, Aficena. 2018. **Studi Pengaruh Komposisi Binder Thermoplastic dari Sampah Plastik Pp Dan Pet Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Komposit Partikulat Untuk Aplikasi Mortar**. Surabaya : Teknik Material, ITS
- Hudaya, R. 2010 **Pengaruh Pemberian Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Kerang (Bivalvia) yang Berasal dari Laut Belawan Tahun 2010**. Medan :Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat, USU
- Kliwon, S. 2002. **Sifat Papan Partikel dari Kayu Mangium**. Buletin Penelitian Hasil Hutan Vol.20 (3) : 195-206.
- Kusuma, E.W.2012. **Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block**. Skripsi, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknis Sipil dan Perencanaan, Surabaya : UPN Jatim
- La mantia FP, Morreale M. **Green composites: A brief review Composites: Part A** 2011;42:579–88.

- 
- Maloney, T.M. 1993. **Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing**. USA: Miller FreemanPublication, Inc.
- Manik, Parlindungan. 2002. **Bambu Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal**. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan ITS
- Nadjib, M. 2008. **Studi Pemanfaatan Kulit Kerang Sebagai Bahan Penyusun Pada Pembuatan Lem Kaca**. Surabaya : Skripsi Jurusan Kimia, ITS
- Nayiroh, Nurun. 2013. **Teknologi Material Komposit**. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ninda K, Ayu T. 2014. **Jenis-jenis Metode Pembuatan Bata Ringan dan Kegunaannya**. Lampung : Universitas Negeri Lampung.
- Nugraha, Paul dan Antoni, **Teknologi Beton**. Surabaya : Andi
- Nugroho Panji, 2013. **Panduan Membuat Kompos Cair**. Jakarta: Pustaka baru Press.
- Oka, Gusti Made. 2006. **Pengaruh Pengempaan Pada Proses Pembuatan Batako Berbasis Mortar**. Jurnal SMARTek, Vol. 4, No. 1, Pebruari 2006: 17 – 24.
- Ridwan. 2007. **Pengaruh Serat Gelas terhadap Nilai Densitas Komposit Berbahan Dasar Semen Portland**. Jurusan Teknik Sipil : Politeknik Negeri Malang.
- Romadhoni, R. 2019. **Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Serabut Kelapa dan Limbah Cangkang Kerang Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Material Komposit Pelapis Ubin**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sembiring, D.N, L. Hakim, T. Sucipto. **Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel**. Medan : Universitas Sumatera Utara
- Schwartz, MM. 1984. **Composite Materials Handbook**, McGraw-Hill Inc, New York
-

- Sidik, Rohman. 2018. **Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Siregar, S.M. 2009. **Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer.** Tesis tidak diterbitkan. Medan : Magister Ilmu Fisika, Sekolah Pascasarjana USU
- SNI 6882:2014 tentang **Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan.** Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-2105-2006 **tentang Papan Partikel.** Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodimulyo. 1996. **Prosedur Uji Tekan pada Beton.** Jurusan Teknik Sipil : Politeknik Negeri Malang
- Wenno, Rudolfo, dkk. 2014. **Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen.** Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.5, Juli 2014 (252-259) ISSN: 2337-6732
- Widya. 2009. **Rekayasa Proses Pembuatan Komposit Menggunakan Metode Laminasi serta Dampaknya terhadap Pembebanan.** Jakarta : Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Zacoeb, Achfas, dkk. 2012. **Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air.** Malang : Universitas Brawijaya

## LAMPIRAN

### Perhitungan Densitas

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

Keterangan:

Massa (gram)

Volume (cm<sup>3</sup>)

Spesimen	Densitas	Jumlah	Rata-rata	Devisiasi
A1	1.127	3.513	1.171	0.07680
A2	1.279			
A3	1.107			
B1	1.238	3.609	1.203	0.05598
B2	1.247			
B3	1.124			
C1	1.157	3.633	1.211	0.03819
C2	1.239			
C3	1.237			
D1	1.387	3.702	1.234	0.10902
D2	1.174			
D3	1.141			
E1	1.153	3.591	1.197	0.03163
E2	1.226			
E3	1.212			
F1	1.314	3.876	1.292	0.04141
F2	1.328			

F3	1.234			
G1	1.546	4.023	1.341	0.14656
G2	1.265			
G3	1.212			
H1	1.415	4.164	1.388	0.05144
H2	1.316			
H3	1.433			

### Perhitungan *Water Absorbability*

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

Keterangan:

A = Massa setelah perendaman (gram)

B = Massa sebelum perendaman (gram)

SG	CK (phr)	Massa Awal	Massa Akhir	Nilai absorpsi	Rata-rata	Standard Deviasi
0	0	166.78	185.34	11.13	11.13	2.451487 7
		165.85	189.64	14.34		
		155.67	168.66	8.34		
0	5	150.67	169.77	12.68	10.76	2.466148 7
		160.7	171.56	6.76		
		167.51	185.54	10.76		
0	10	152.13	170.45	12.04	10.63	0.983311 9
		157.19	173.9	10.63		
		160.98	176.51	9.65		

0	15	167.17	170.01	1.70	9.35	4.012875 3
		159.47	174.38	9.35		
		149.88	166.17	10.87		
1	0	170.44	187.09	9.77	9.77	1.753198 1
		188.79	211.14	11.84		
		167.66	180.31	7.55		
1	5	179.75	196.51	9.32	9.32	1.19143
		182.62	202.11	10.67		
		173.01	186.43	7.76		
1	10	190.87	210.57	10.32	8.47	1.495983 4
		182.52	194.67	6.66		
		184.56	200.2	8.47		
1	15	175.05	185.25	5.83	7.81	4.862659 2
		159.28	186.34	8.99		
		165.22	178.12	7.81		

### Perhitungan Kuat Lentur

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

Keterangan:

$\sigma$  = Kekuatan Lentur (MPa)

L = Support Span (mm)

P = Beban Patah (Kg)

b = Lebar Spesimen (mm)

d = Tebal Speseimen (mm)

Serat Gelas	Cangkang Kerang (phr)	Beban (kgf)	Kuat Lentur	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	210.7	105.35	105,25	2.0751
		198.08	108.04		
		199.92	102.96		
0	5	217.56	108.78	109,26	3.8025
		226.38	113.19		
		207.76	103.88		
0	10	226.38	115.19	115,31	1.7546
		234.22	117.11		
		213.64	112.82		
0	15	196.98	103.49	110,79	4.5552
		225.4	112.7		
		191.1	113.55		
1	0	237.16	108.28	106,08	1.5032
		235.2	104.6		
		261.66	106.33		
1	5	205.8	113.9	113,26	1.0125
		205.8	111.9		
		228.34	114.17		
1	10	240.1	120.05	118,19	1.4172
		261.66	118.23		
		237.16	116.58		
1	15	231.28	114.64	115	2.7270
		245	112.5		
		240.1	119.05		

### Perhitungan Kuat Tekan

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

Keterangan:

$\sigma$  = Kuat Tarik (MPa)

F = Beban Patah Maksimum (Kg)

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

Serat Gelas	CK (phr)	Beban (kgf)	Kuat Tekan	Rata-rata	Standar Deviasi
0	0	12000	470	440	24
		10000	410		
		11000	440		
0	5	10000	400	480	65
		12000	480		
		14000	560		
0	10	11000	440	493	75
		11000	440		
		15000	600		
0	15	9000	360	453	68
		12000	480		
		13000	520		
1	0	14000	560	533	68
		15000	600		
		11000	440		
1	5	14000	560	520	57

		14000	560		
		11000	440		
1	10	13000	520	507	19
		12000	480		
		13000	520		
1	15	15000	600	547	50
		12000	480		
		14000	560		

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tentu banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak penulis dapat melaluinya dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Munif, Ibu Khudriyah, Zainal Abidin, Khoirul Fanani, dan Habib Abdullah karena telah menjadi keluarga terbaik yang memberikan segala dukungan dan doanya.
2. Teman-teman Laboratorium Inovasi Material yang senantiasa membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
3. Teman-teman TFC yang selalu memberikan motivasi dan menjadi penyemangat bagi penulis saat kesulitan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Sahabat Kontrakan Barokah yang telah memberikan banyak pengalaman dan dukungan berharga bagi penulis
5. Teman-teman MT17 yang selalu menemani dan memberikan banyak kenangan bagi penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Material FTI-ITS
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

Mukhammad Khoirul Umam  
NRP 0251154000066

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Mukhammad Khoirul Umam. Lahir di Jombang 11 Februari 1997, putra dari pasangan Abdul Munif dan Khudriyah yang merupakan anak ke 4 dari 4 bersaudara. Penulis pernah mengenyam Pendidikan di RA dan Madrasah Ibtida'iyah Fathul Huda Grobogan, kemudian melanjutkan ke jenjang selanjutnya di SMPN 1 Mojoagung kemudian bersekolah di SMAN Mojoagung. Penulis merupakan mahasiswa aktif Teknik Material FTI-ITS tahun masuk 2015.

Selama menjalankan pendidikan di kampus ITS Surabaya, penulis berpartisipasi aktif dalam organisasi di Lembaga Dakwah Jurusan Ash-Haabul Kahfi Teknik Material ITS sebagai staff Hubungan Masyarakat kepengurusan 2016/2017. Selain itu, penulis juga aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi pada Departemen Kesejahteraan Mahasiswa sebagai staff pada kepengurusan 2016/2017 dan menjadi Sekretaris Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan pada kepengurusan 2017/2018. Penulis juga pernah menjalani Kerja Praktek di PTPN XI di PG. Wonolangan, Probolinggo. Penulis mengambil topik Material Inovatif untuk tugas akhir dengan judul “Pengaruh Komposisi *Filler* Limbah Cangkang Kerang dan Serat Gelas terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Untuk Aplikasi Papan Partikel Semen”

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*