

# Pengaruh Komposisi *Filler* Limbah Cangkang Kerang dan *Fiberglass* terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit untuk Aplikasi Papan Partikel Semen

Mukhammad Khoirul Umam, Lukman Noerochim dan Sigit Tri Wicaksono  
 Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 60111  
*e-mail:* lukman@mat-eng.its.ac.id

**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, 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 komposisi untuk aplikasi papan partikel semen. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian fisis (absorpsi air dan densitas) dan 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

## I. PENDAHULUAN

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 [1]. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari produksi semen adalah menggunakan material limbah sebagai *filler* komposit untuk mengurangi penggunaan semen. Penggunaan *filler* daur ulang dari sumber daya alam terbarukan sebagai penguat pada komposit telah banyak dikaji dan digunakan [2].

Bahan limbah yang dapat digunakan sebagai campuran semen adalah limbah bata ringan. Limbah bata ringan juga ditemui dalam proyek pembangunan gedung. Bata 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. Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa

material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung [3].

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 [4]. 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 [5].

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.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Peralatan dan Bahan

#### 1) Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain adalah cetakan spesimen, oven untuk mengeringkan cangkang kerang, timbangan digital, alat shieving, dan mikroskop USB.

#### 2) Bahan

Bahan-bahan yang digunakan meliputi : semen, bata ringan, cangkang kerang, *fiberglass*, dan air.

### B. Metodologi Penelitian

Adapun tahapan pengolahan data dalam penelitian adalah sebagai berikut :

#### 1) Studi Literatur

Dilakukan untuk mencari data penelitian-penelitian sebelumnya tentang papan partikel semen. Selain itu, juga untuk menentukan standard papan partikel semen yang akan digunakan agar penelitian ini memiliki acuan yang jelas.

#### 2) Preparasi Bahan

Cangkang kerang dibersihkan dengan air kemudian dijemur selama kurang lebih 6 jam dibawah sinar matahari dan kemudian di oven untuk menghilangkan kadar airnya. Lalu di haluskan dengan *Ball Milling* sekitar 6 jam dan di *shieving* dengan ukurang 100 *mesh*. Kemudian mempersiapkan *fiberglass* yang akan di gunakan sebai *filler* lainnya. Pertama *fiberglass* di ukur dengan menggunakan

penggaris. Kemudian *fiberglass* di potong sesuai dengan ukuran cetakan pengujian spesimen yang telah di tentukan. Bahan terakhir yang harus dipersiapkan adalah bahan untuk campuran matriks yaitu limbah bata ringan. Limbah bata ringan yang didapatkan di hancurkan menggunakan mortar agar ukuran dari limbah bata ringan tidak terlalu besar dan bias dimasukkan ke dalam alat *Ball Milling*. Kemudian bata ringan di masukkan ke dalam alat *Ball Milling* selama 3 jam, kemudian di *shieving* dengan ukuran 18 *mesh*.

### 3) Pembuatan Komposit Papan Partikel Semen

Pertama adalah menimbang massa dari semen, bata ringan dan air dengan perbandingan 2 : 2 : 1. Kemudian, proses yang kedua adalah menimbang massa dari cangkang kerang dengan komposisi yang telah di tentukan (5, 10 atau 15 phr). Setelah proses penimbangan selesai, proses selanjutnya adalah menuangkan agregat limbah cangkang kerang ke dalam wadah yang berisi campuran semen dan bata ringan, lalu dicampur. Proses selanjutnya adalah menuangkan air ke dalam wadah yang berisi campuran semen, bata ringan dan agregat limbah cangkang kerang, setelah itu dilakukan pengadukan. Setelah pengadukan dilakukan hingga homogen, lalu menuangkan ½ komposit ke dalam cetakan sesuai ukuran spesimen pengujian yang telah di tentukan. Kemudian meletakkan serat gelas yang sebelumnya sudah di ukur dan di potong di atas komposit yang sudah dituangkan. Terakhir adalah menuangkan ½ bahan komposit yang tersisa. Setelah proses pembuatan komposit papan partikel semen selesai tinggal menunggu waktu *curing* komposit selama 28 hari. Di lanjutkan dengan melakukan pembuatan komposit untuk komposisi rancangan uji yang berbeda.

### 4) Pengujian Komposit

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. 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. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan menggunakan standard ASTM E 1951.

Pengujian 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. Pengujian ini menggunakan standard ASTM C642. 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 membagninya dengan massa jenis dari akuades.

Pengujian absorpsi 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 [6]. 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 dimasukan ke dalam oven selama 24 jam dalam temperatur 50° C kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Adapun standard yang digunakan untuk acuan dalam nilai pengujian absorpsi air adalah ISO 8335.

Pengujian kuat 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 3 x 3 cm.

Pengujian 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 [7]. Dalam pengujian ini standar yang digunakan adalah ASTM C109.

### C. Rancangan Penelitian

Pada rancangan penelitian ini digunakan beberapa variabel. 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 1 sebagai berikut :

Tabel 1.  
Variabel Rancangan Penelitian

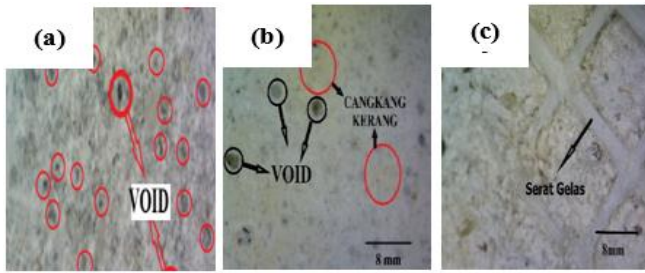
No	Campuran Semen dan Bata Ringan (%)	Cangkang Kerang (phr)	Serat Gelas (phr)
1	100	0	0
2	100	5	0
3	100	10	0
4	100	15	0
5	100	0	0,28
6	100	5	0,28
7	100	10	0,28
8	100	15	0,28

## III. HASIL DAN ANALISA

### A. Hasil dan Analisa Pengamatan Morfologi

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 [8].

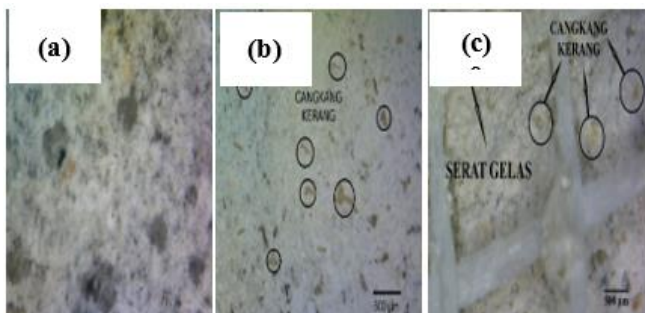
Berikut adalah hasil pengujian mikroskop untuk material komposit semen tanpa/dengan *filler* serat gelas dan cangkang kerang :



Gambar 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 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 [6].

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 [9].



Gambar 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 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 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 [10].

**B. Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Fisis**

**1) Uji Densitas**

Hasil pengujian densitas dari spesimen papan partikel campuran semen/bata ringang/cangkang kerang/serat gelas yang telah dibuat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Densitas Komposit

No	Filler		± 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 2. dapat dilihat bahwa pada komposit tanpa penambahan filler serat gelas dan cangkang kerang memiliki densitas paling kecil yakni sebesar ± 1,171 g/cm<sup>3</sup> (spesimen no 1). Sedangkan komposit dengan densitas paling besar yakni sebesar ±1,388 g/cm<sup>3</sup> adalah dengan komposisi cangkang kerang sebesar 15 phr ditambah dengan serat gelas (spesimen no 8)

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 g/cm<sup>3</sup>. 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 [9].

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 g/cm<sup>3</sup>, sehingga mengakibatkan kenaikan densitas papan partikel [11].

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 g/cm<sup>3</sup>. 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 g/cm<sup>3</sup>.

**2) Uji Absorpsi Air**

Tabel 3. Hasil Pengujian Absorpsi Air

No	Filler		± Absorpsi Air (%)
	Serat Gelas (phr)	Cangkang Kerang (phr)	
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  $\pm 11,13$  phr 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).

Dari Tabel 3 diketahui 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 [12]. 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 [13] 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 [14].

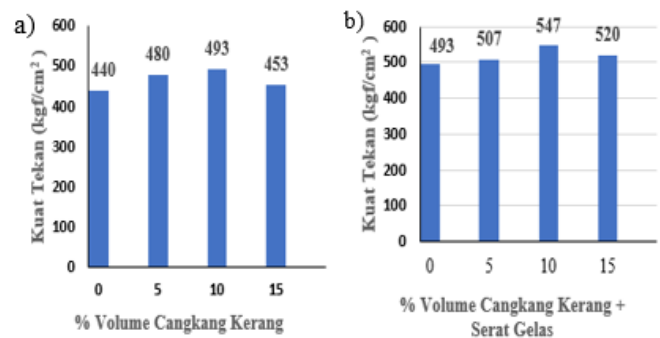
Nilai *water absorbability* yang rendah dapat menguntungkan untuk aplikasi bahan bangunan karena risiko kerusakan seperti retakan dan kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan dapat berkurang disebabkan oleh minimnya penetrasi air ke dalam rongga-rongga dari material bangunan [15]. Berdasarkan 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%.

### C. Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Mekanik

#### 1) Uji Kuat Tekan

Dari hasil uji kompresi yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Gambar 3.

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*, 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.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit Papan Partikel Semen (a) Variasi Penambahan Cangkang Kerang, (b) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.

Gambar 3 (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.

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 [16]. 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 [17]. Selain itu penambahan cangkang kerang yaitu sebanyak 10 phr akan mudah bercampur dengan semen dan tersebar merata sehingga mengakibatkan kuatnya ikatan matriks dengan *filler*.

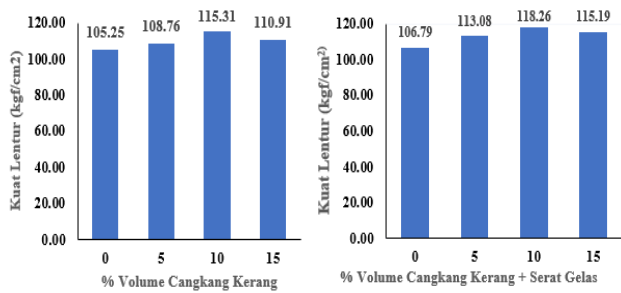
Sebaliknya terlalu banyak penambahan cangkang kerang akan menyebabkan kekuatan papan semen rendah karna ikatan semen dengan *filler* tidak begitu kuat [13]. Hal tersebutlah yang mengakibatkan penurunan nilai kompresi pada saat penambahan cangkang kerang sebesar 15 phr, tidak kuatnya ikatan *filler* dengan matriks apabila terlalu banyak *filler* yang dimasukkan terjadi karena penggumpalan akibat tidak meratanya persebaran *filler* [18]. 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.

#### 2) Uji Kuat Lentur

Dari hasil uji kompresi yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.

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*, 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.



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Komposit (A) Variasi Penambahan Cangkang Kerang (B) Variasi Penambahan Cangkang Kerang dan Serat Gelas.

Dari Gambar 4 juga diketahui 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 cenderung meningkatkan nilai kuat lentur.

Kenaikan nilai kuat lentur pada penambahan serat gelas disebabkan karena serat berfungsi sebagai tulangan yang memiliki sifat mekanik jauh lebih tinggi ketimbang matriksnya dan disebarkan secara merata pada adukan beton sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan terlalu cepat akibat adanya pembebanan [19]. 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 [20].

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 [21]. 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 membuktikan bahwa adanya korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan beton dimana nilai kuat lentur sebanding dengan nilai kuat tekan [22].

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  $100 \text{ kgf/cm}^2$ . Hasil pengujian ini juga sudah memenuhi standard ISO 8335 dengan persyaratan kuat lentur minimal  $90 \text{ kgf/cm}^2$

#### IV. KESIMPULAN

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  $\pm 547 \text{ kgf/cm}^2$ . 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  $\pm 118,26 \text{ kgf/cm}^2$ . 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.

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  $\pm 7,81 \%$ . 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  $\pm 1,388 \text{ g/cm}^3$ . 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.

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  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . 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.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zacob, S. M. Dewi, and I. Jamaran, "Pemanfaatan limbah bottom ash sebagai pengganti semen pada genteng beton ditinjau dari segi kuat lentur dan perembesan air," *Rekayasa Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 81–87, 2013.
- [2] L. M. FP and M. M., "Green composites: a brief review," *Compos. Part A*, vol. 42, no. 5, pp. 79–88, 2011.
- [3] N. K and A. T., *Jenis-Jenis Metode Pembuatan Bata Ringan dan Kegunaannya*. Bandar Lampung, 2014.
- [4] S. M. Siregar, "Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi terhadap Karakteristik Beton Polimer," Sekolah Pascasarjana USU, 2009.
- [5] E. W. Kusuma, "Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block," Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jatim, 2012.
- [6] Sidik, "Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene dan Low Density Polyethylene terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Wood Plastic Composite untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [7] Tjokrodimulyo, *Prosedur Uji Bending Beton*. Malang: Politeknik Negeri Malang, 1996.
- [8] Widya, "Rekayasa Proses Pembuatan Komposit Menggunakan Metode Laminasi serta Dampaknya terhadap Pembebanan," Universitas Indonesia, 2009.
- [9] A. H. I. Abharan, "Studi Pengaruh Komposisi Binder Thermoplastic dari Sampah Plastik PP dan PET terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Komposit Partikulat untuk Aplikasi Mortar," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [10] Helena, "Pengaruh penambahan serat ijuk terhadap sifat fisis dan mekanis papan semen- gipsum," *J. Fis. Unand*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, 2014.
- [11] Ridwan, "Pengaruh Serat Gelas terhadap Nilai Densitas Komposit Berbahan Dasar Semen Portland.," Politeknik Negeri Malang, 2007.
- [12] R. Romadhoni, "Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Serabut Kelapa dan Limbah Cangkang Kerang terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Material Komposit Pelapis Ubin," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [13] W. Fitri and Mora, "Pengaruh persentase serbuk ampas tebu terhadap sifat fisis dan mekanik papan partikel semen," *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 4, pp. 298–302, 2018.
- [14] Schwartz, *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc, 1984.
- [15] B. Ananda, "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,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [16] Aris, “Pengaruh Penambahan Serat Roving pada Beton Non-Pasir terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belahnya,” Universitas Brawijaya, 2017.
- [17] W. D. Callister, *Material Science and Engineering an Introduction*. Utah: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [18] Hasbi, “Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa ) dengan Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton,” Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jatim, 2015.
- [19] Widya, “Rekayasa Proses Pembuatan Komposit Menggunakan Metode Laminasi serta Dampaknya terhadap Pembebanan,” Universitas Indonesia, 2009.
- [20] P. Nugraha and Antoni, *Teknologi Beton : dari Material,Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Surabaya: Andi Publisher, 2007.
- [21] D. Gading, S. Rawiana, and M. I.H., “Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anandra Granosa) sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) pada Beton Ringan,” Universitas Mataram.
- [22] Suhendra, “Korelasi Hubungan Uji Bending dan Kuat Tekan terhadap Komposit Beton Berbasis Mortar,” Institut Teknologi Bandung, 2017.