

## EFEK MATERIAL PENGISI KALSIMUM KARBONAT DAN WASTE MARBLE DUST TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR

Gregorius Franky Tanggu<sup>1</sup>, Geraldo Theodore Santoso<sup>2</sup>, Antoni<sup>3</sup>, Djwantoro Hardjito<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Semen merupakan material utama dalam mengikat campuran dalam campuran beton, namun penggunaan yang berlebihan dapat berdampak buruk bagi lingkungan sehingga banyak penelitian yang telah dilakukan agar penggunaan material lain digunakan sebagai material pengganti semen ataupun sebagai material tambahan. Kalsium karbonat dan WMD (limbah debu marmer) bisa digunakan sebagai material tambahan dalam campuran beton. Kalsium karbonat yang digunakan memiliki ukuran butiran yang halus (15 $\mu$ m, 12 $\mu$ m, 8 $\mu$ m) sehingga bisa mengisi celah-celah kosong. Sedangkan WMD berasal dari batu marmer yang merupakan batuan yang terbentuk dari kristalisasi batuan Gamping (CaCO<sub>3</sub>). Pada penelitian ini kalsium karbonat dan WMD (*Waste Marble Dust*) akan digunakan sebagai material tambahan ke dalam campuran mortar yang terdiri dari *binder* (semen, *fly ash*, dan *silica fume*) dan agregat halus berupa pasir silika. Material pengisi ini akan digunakan sebanyak 5%, 10% dan 15%. Kemudian dilakukan beberapa variasi campuran terhadap material pengisi. Pencampuran kalsium karbonat menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 67.47 MPa dan pada WMD sebesar 64.27 MPa.

**KATA KUNCI:** *filler*, kalsium karbonat, *waste marble dust*, kehalusan, pembangunan berkelanjutan.

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan semen yang semakin banyak dapat merusak lingkungan sehingga semakin banyak penggunaan material lain sebagai pengganti semen dan juga material pengisi. Kalsium karbonat dan WMD (*waste marble dust*) adalah salah satu material alternatif yang bisa digunakan sebagai material pengganti ataupun material pengisi. Penggunaan kalsium karbonat pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan meningkatkan sifat kohesif dari campuran beton (Moosberg-Bustnes, Lagerblad, & Forssberg, 2004). Selain itu penggunaan material kalsium karbonat sebagai material pengisi juga dapat mengisi rongga kosong sehingga campuran memiliki kepadatan yang tinggi, dapat mengontrol *bleeding*, peningkatan kuat tekan awal, sensitivitas beton berkurang dan efek samping dari *curing* yang kurang diberikan perhatian khusus (Naik, Canpolat, & Chun, 2003). Sedangkan WMD adalah material yang berasal dari batuan marmer yang terbentuk dari proses kristalisasi batu kapur (CaCO<sub>3</sub>) dan di Indonesia industri marmer ini banyak menghasilkan limbah yang menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini juga menggunakan WMD ke dalam campuran. Penggunaan WMD dapat digunakan sebagai material pengisi (*filler*) atau pengganti material lainnya dalam campuran. WMD dapat meningkatkan kuat tekan beton dan *workability* saat digunakan sebagai material pengganti pasir (Corinaldesi, Moriconi, & Naik, 2010). Selain itu, WMD dalam

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21413131@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21413132@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, antoni@petra.ac.id

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, djwantoro.h@petra.ac.id

penggunaannya sebagai material pengisi menunjukkan bahwa WMDC (*waste marble dust - cement*) menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan tekan 100% semen dan penggunaannya dalam produksi WMDC tidak mempengaruhi *setting time* (Huseyin, Guru, Dayi, & Tekin, 2010). Kehalusan material dalam suatu campuran beton sangat mempengaruhi banyak aspek yang ada pada campuran. Penelitian yang dilakukan oleh Chen, Li, Xiang, & Li (2016), menggunakan *fly ash* dengan membagi 3 macam ukuran yang berbeda-beda. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa semakin halus *fly ash* yang digunakan maka semakin tinggi pula kekuatan yang didapatkan. Tidak hanya pada *fly ash* saja, penggunaan ukuran semen yang lebih halus juga memiliki banyak keunggulan (Kai et al., 2017). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti efek dari kalsium karbonat dan WMD terhadap sifat mekanik mortar, efek kehalusan dari butiran kalsium karbonat dan WMD, serta efek gradasi pada kedua material *filler* yang digunakan.

## 2. RANCANGAN PENELITIAN

### 2.1 Kerangka Penelitian

Percobaan yang dilakukan adalah membuat mortar yang akan ditambahkan dengan material pengisi berupa kalsium karbonat dan WMD. Mortar ini akan terdiri dari *binder* berupa semen, *fly ash*, dan *silica fume* sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir silika. Perbandingan campuran antara *binder* dan pasir adalah 1:2. Material pengisi yang ditambahkan dengan kadar sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat total *binder*. Kemudian dilakukannya variasi campuran kalsium karbonat dan WMD ke dalam campuran mortar dengan menggunakan rumus *0.45 power gradation curve* untuk mendapatkan persentase besarnya kadar yang dicampurkan.

### 2.2 Material yang Digunakan

*Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe C yang berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo. *Silica fume* yang digunakan berasal dari SIKI Indonesia dan pasir silika berasal dari CV. Mitra Usaha Mandiri. Untuk kalsium karbonat yang digunakan diproduksi oleh PT. Masachemitra Surya Industry, Gresik dan WMD yang digunakan berasal dari PT. Dwijaya Perkasa Abadi.

### 2.3 Mix Design

Setiap komposisi campuran diperuntukkan untuk membuat 9 benda uji, dimana ukuran benda uji masing-masing adalah 5 cm x 5 cm x 5 cm. Pada setiap campuran akan dibuat 9 benda uji yang akan diuji pada umur mortar 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada setiap umur pengujian akan digunakan 3 sampel untuk diujikan dan nantinya akan diambil rata-rata hasil analisisnya. Ada 2 tahap *mix design* yang akan dilakukan pada percobaan ini dimana pada bagian 1 material pengisi yang digunakan hanya satu jenis tingkat kehalusan dan pada tahap 2 material pengisi yang digunakan adalah penggabungan antara dua atau tiga jenis tingkat kehalusan dengan menggunakan rumus *0.45 power gradation curve*. *Mix design* tahap 2 menggunakan *binder* dan pasir yang sama seperti pada tahap 1 namun untuk penambahan kadarnya hanya sebesar 15% dari berat *binder*. Pada setiap tahapnya akan terdapat 2 bagian dimana bagian 1 dengan penambahan material pengisi kalsium karbonat dan pada bagian 2 dengan penambahan material pengisi WMD. Pada setiap tahapnya akan digunakan *water/binder ratio* (w/b) sebesar 30% dan SP sebesar 0.5%. *Mix design* Tahap 1 bagian 1 dan 2 dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** sedangkan untuk *mix design* tahap 2 bagian 1 dan 2 bisa dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

**Tabel 1. Mix Design Tahap 1 Bagian 1**

Kode	% Berat Binder			(+ % Filler ( <i>mesh</i> ) (CaCO <sub>3</sub> ))		
	Semen	<i>Fly ash</i>	<i>Silica fume</i>	800	1200	2000
Control 1	100	-	-	-	-	-
Control 2	65	30	5	-	-	-
CA5M800	65	30	5	5	-	-
CA5M1200	65	30	5	-	5	-
CA5M2000	65	30	5	-	-	5
CA10M800	65	30	5	10	-	-
CA10M1200	65	30	5	-	10	-
CA10M2000	65	30	5	-	-	10
CA15M800	65	30	5	15	-	-
CA15M1200	65	30	5	-	15	-
CA15M2000	65	30	5	-	-	15

**Tabel 2. Mix Design Tahap 1 Bagian 2**

Kode	% Berat Binder			(+ % Filler (No. ayakan) (WMD))		
	Semen	<i>Fly ash</i>	<i>Silica fume</i>	<30	50-100	>200
Control 1	100	-	-	-	-	-
Control 2	65	30	5	-	-	-
W5K	65	30	5	5	-	-
W5S	65	30	5	-	5	-
W5H	65	30	5	-	-	5
W10K	65	30	5	10	-	-
W10S	65	30	5	-	10	-
W10H	65	30	5	-	-	10
W15K	65	30	5	15	-	-
W15S	65	30	5	-	15	-
W15H	65	30	5	-	-	15

**Tabel 3. Mix Design Tahap 2 Bagian 1**

Kode	% Gradasi ( <i>mesh</i> ) (CaCO <sub>3</sub> )		
	800	1200	2000
Control 2	-	-	-
CA-G1	75.03	24.97	-
CA-G2	69.18	-	30.82
CA-G3	-	42.76	57.24
CA-G4	56.24	18.71	25.05

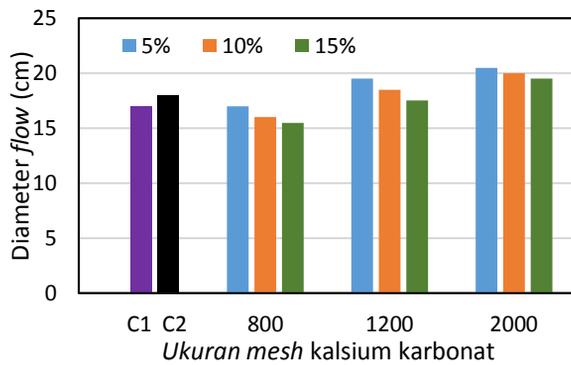
**Tabel 4. Mix Design Tahap 2 Bagian 2**

Kode	% Gradasi (Ukuran ayakan (mm)) (WMD)				
	0.6	0.3	0.15	0.075	<0.075
Control 2	-	-	-	-	-
W-G1	43.39	32.68	23.93	-	-
W-G2	58.69	-	-	23.69	17.63
W-G3	-	37.5	27.45	20.1	14.95
W-G4	33,24	25.04	18.33	13.42	9.98

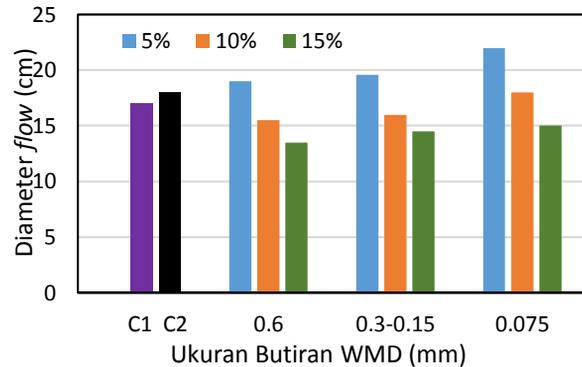
### 3. HASIL ANALISA

#### 3.1 Diameter *Flow* Mortar Tanpa Gradasi

Pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** dapat dilihat efek penambahan kadar serta efek kehalusan dari kalsium karbonat dan juga WMD. Kedua material ini memiliki sifat yang sama yaitu semakin banyak kadar material yang digunakan maka semakin turun nilai diameter *flow* yang didapatkan. WMD memiliki efek untuk menambah kekentalan pada campuran mortar yang dihasilkan sehingga menyebabkan semakin turun diameter *flow* yang dihasilkan. Kedua material ini juga menunjukkan sifat yang sama dimana penggunaan material paling halus dengan kadar 5% menghasilkan diameter *flow* yang paling tinggi dari semua campuran lain. Penggunaan kalsium karbonat pada *mesh* 1200 dan *mesh* 2000 memberikan hasil yang melebihi dari kontrol yang ada namun pada *mesh* 800 terjadi sebaliknya sedangkan pada penggunaan WMD pada kadar 10% dan 15% tidak memberikan hasil yang baik dimana nilai diameter *flow* yang didapatkan kurang dari kontrol yang ada. Nilai diameter *flow* tertinggi dari penggunaan material pengisi kalsium karbonat bernilai 20.5 cm dan pada material pengisi WMD bernilai 22 cm.



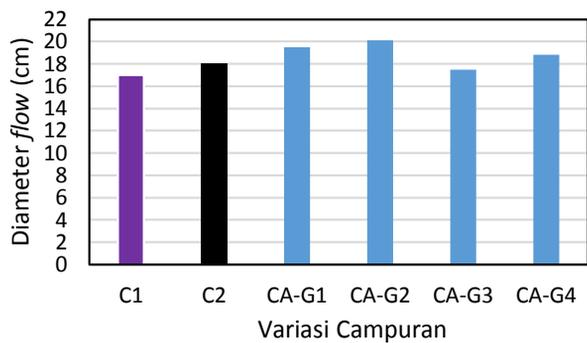
**Gambar 1.**  
**Grafik Hubungan Nilai Diameter *Flow* terhadap Kadar Kalsium Karbonat**



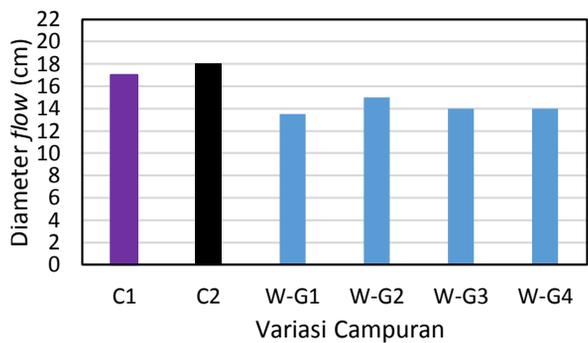
**Gambar 2.**  
**Grafik Hubungan Nilai Diameter *Flow* terhadap Kadar WMD**

#### 3.2 Diameter *Flow* Mortar dengan Gradasi

Hasil gradasi pada kalsium karbonat memiliki efek yang baik dimana nilai diameter *flow* yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai diameter *flow* pada kontrol yang ada. Sedangkan pada gradasi WMD menghasilkan nilai diameter *flow* yang lebih rendah. Namun kedua campuran ini memiliki sifat yang sama, yaitu dengan pencampuran 2 material yang tidak saling berurutan (CA-G2 & W-G2) menghasilkan nilai diameter *flow* yang paling tinggi bila dibandingkan pada masing-masing *mix design*nya. Nilai diameter *flow* tertinggi dari gradasi kalsium karbonat berada pada angka 20.1 cm dan pada gradasi WMD pada angka 15 cm. Pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** dapat dilihat efek gradasi terhadap diameter *flow* dari mortar yang dihasilkan.



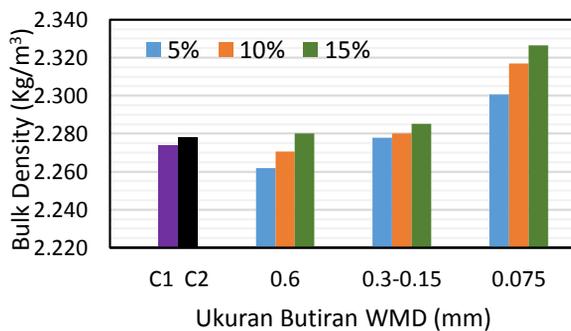
**Gambar 3.**  
Grafik Hubungan Nilai Diameter Flow terhadap Gradasi Kalsium Karbonat



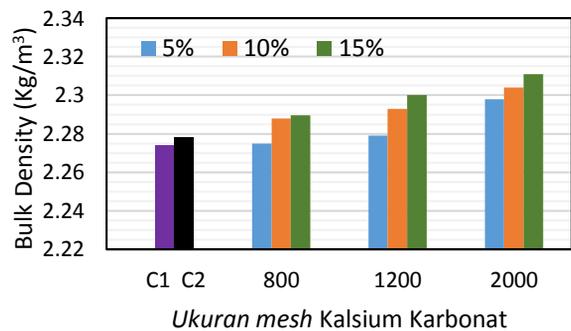
**Gambar 4.**  
Grafik Hubungan Nilai Diameter Flow terhadap Gradasi WMD

### 3.3 Kepadatan Mortar Tanpa Gradasi

Dari hasil yang didapatkan dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar yang ditambahkan dan semakin halus material yang digunakan maka semakin tinggi pula kepadatan dari mortar yang dihasilkan. Dari **Gambar 5** dapat dilihat kenaikan yang konstan dari setiap kehalusan butiran kalsium karbonat yang digunakan. Namun dari **Gambar 6** dapat dilihat bahwa penggunaan ukuran butiran 0.6 mm (K) dan 0.3-0.15 mm (S) tidak memberi pengaruh terlalu besar terhadap kepadatan mortar yang dihasilkan. Nilai *density* terbesar dari penggunaan kalsium karbonat berada pada nilai 2.311 kg/m<sup>3</sup> dan pada WMD berada pada nilai 2.326 kg/m<sup>3</sup>. Grafik kepadatan dari penggunaan kalsium karbonat dan WMD dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.



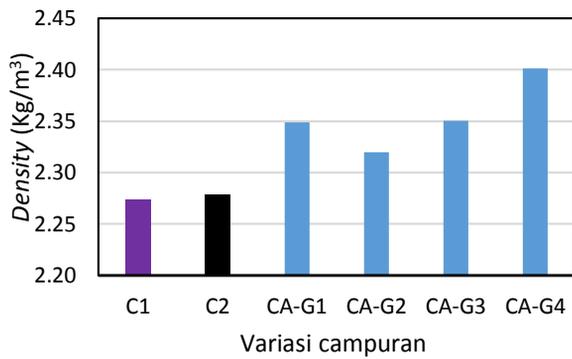
**Gambar 5.**  
Grafik Hubungan Nilai Density terhadap Kadar Kalsium Karbonat



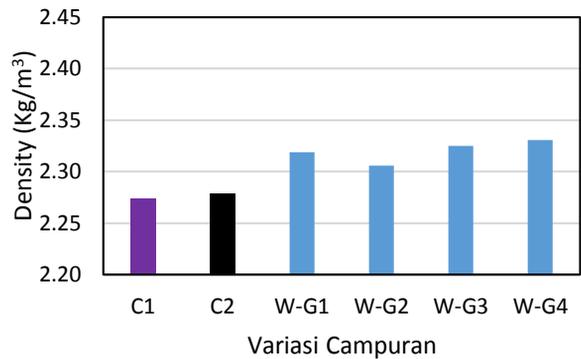
**Gambar 6.**  
Grafik Hubungan Nilai Density terhadap Kadar WMD

### 3.4 Kepadatan Mortar dengan Gradasi

Grafik kepadatan dari gradasi kalsium karbonat dan WMD dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. Dari **Gambar 7** pada gradasi kalsium karbonat, penggabungan seluruh kehalusan (CA-G4) memiliki kepadatan yang paling tinggi (2.401 kg/m<sup>3</sup>), sedangkan dari **Gambar 8** pada penggabungan WMD seluruh kehalusan (W-G4) tidak memiliki dampak yang berarti dimana kepadatan yang dihasilkan (2.331 kg/m<sup>3</sup>) tidak jauh berbeda dengan campuran yang lain. Namun seluruh campuran ini masih memiliki nilai kepadatan yang melebihi nilai kepadatan pada kontrol yang ada sehingga penggabungan ini mampu meningkatkan kepadatan mortar yang dihasilkan.



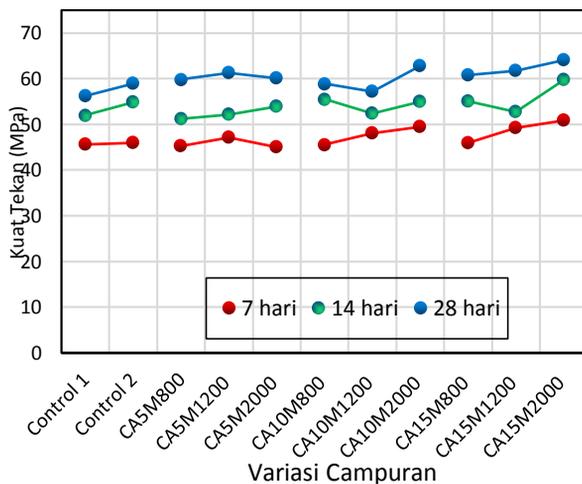
**Gambar 7.**  
**Grafik Hubungan Nilai Density terhadap Gradasi Kalsium Karbonat**



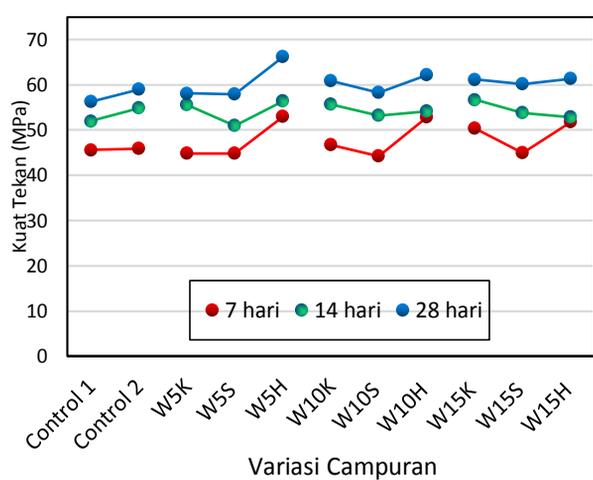
**Gambar 8.**  
**Grafik Hubungan Nilai Density terhadap Gradasi WMD**

### 3.5 Hasil Kuat Tekan Mortar Tanpa Gradasi

Dari hasil yang didapatkan pada **Gambar 9** dan **Gambar 10** menunjukkan bahwa penggunaan kalsium karbonat menghasilkan hasil yang positif dimana nilai kuat tekan yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan Control 1 & Control 2 pada umur 28 hari namun pada kalsium karbonat dengan *mesh* 1200 kadar 10% mengalami penurunan kekuatan tekan. Pada penggunaan WMD tidak memberikan hasil yang bermanfaat dimana nilai kuat tekan yang didapatkan tidak jauh dari kontrol yang ada namun terjadi peningkatan nilai kuat tekan pada WMD ukuran 0.075 mm (H). Kedua material pengisi ini memiliki sifat yang sama yaitu semakin banyak kadar yang digunakan maka semakin tinggi pula hasil kuat tekan yang dihasilkan dan juga semakin halus material yang digunakan maka semakin tinggi hasil kuat tekan yang dihasilkan. Dari analisa ini dapat disimpulkan bahwa campuran yang paling efektif pada campuran kalsium karbonat terdapat pada *mesh* 2000 kadar 15% dengan nilai kuat tekan 64.06 MPa. Namun hal ini berbeda pada penggunaan WMD dengan kehalusan 0.075 mm (H)(W5H,W10H&W15H), semakin tingginya kadar yang ditambahkan maka semakin rendah nilai kuat tekan yang didapatkan. Penggunaan material WMD dengan ukuran butiran 0.075 mm (H) dengan kadar 5% adalah campuran yang paling optimum dengan nilai kuat tekan sebesar 66.13 MPa.



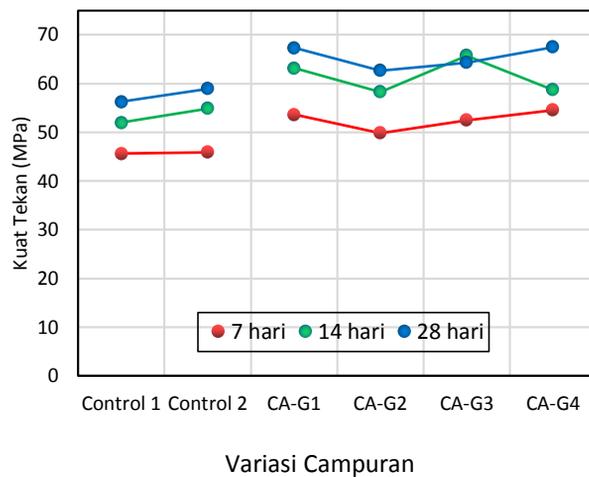
**Gambar 9.**  
**Hasil Kuat Tekan Mortar Kalsium Karbonat**



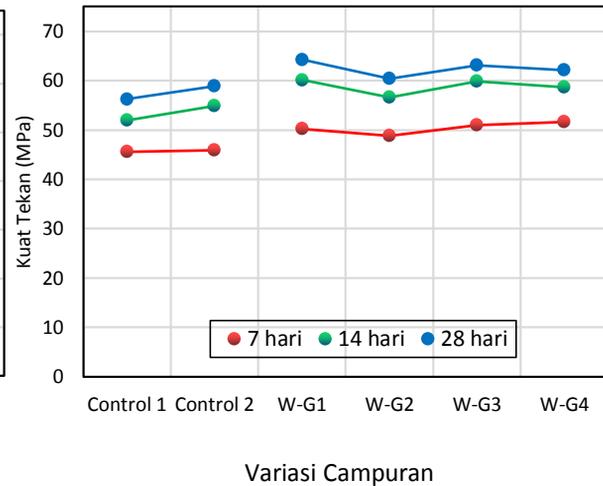
**Gambar 10.**  
**Hasil Kuat Tekan Mortar WMD**

### 3.6 Hasil Kuat Tekan Mortar dengan Gradasi

Dari **Gambar 11** dan **Gambar 12** untuk hasil kuat tekan mortar umur 7, 14, dan 28 hari dari penggradasian kalsium karbonat dan WMD, dapat dilihat pada gradasi kalsium karbonat dengan seluruh campuran (CA-G4) memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi (67.47 MPa). Nilai ini memiliki nilai yang hampir sama dengan gabungan *mesh* 800 & 1200 (CA-G1). Berbeda dengan yang didapatkan pada campuran gradasi kalsium karbonat, pada gradasi WMD dengan gabungan seluruh ukuran butiran (W-G4) memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah (62.13 MPa) dibandingkan dengan gabungan ukuran 0.6 mm & 0.15-0.3 mm (W-G1) (64.27 MPa). Bisa dikatakan bahwa efek gradasi pada penggunaan material pengisi kalsium karbonat lebih berpengaruh dibandingkan pada WMD.



**Gambar 11.**  
Hasil Kuat Tekan Mortar Kalsium Karbonat



**Gambar 12.**  
Hasil Kuat Tekan Mortar WMD

## 4. KESIMPULAN

1. Penambahan kadar pada material *filler* kalsium karbonat dan *waste marble dust* yang semakin banyak dapat menghasilkan nilai diameter *flow* yang semakin rendah. Diameter *flow* tertinggi yang didapatkan pada penambahan kalsium karbonat sebesar 20.5 cm pada *mesh* 2000 dengan kadar 5% sedangkan diameter *flow* tertinggi yang didapatkan pada penambahan *waste marble dust* sebesar 22 cm pada ukuran butiran 0.075 mm (H) dengan kadar 5%.
2. Penambahan *filler* pada campuran mortar menghasilkan mortar dengan berat jenis yang tinggi bila kadar yang ditambahkan semakin bertambah. Berat jenis tertinggi yang didapatkan pada penambahan kalsium karbonat sebesar 2.311 kg/m<sup>3</sup> pada *mesh* 2000 dengan kadar 15% sedangkan berat jenis tertinggi yang didapatkan pada penambahan *waste marble dust* sebesar 2.326 kg/m<sup>3</sup> pada ukuran butiran 0.075 mm (H) dengan kadar 15%.
3. Penambahan kalsium karbonat pada campuran mortar didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 64.06 MPa pada *mesh* 2000 dengan kadar 15% dan nilai SAI (*Strenght Activity Index*) tertinggi sebesar 113.84% sedangkan penambahan *waste marble dust* pada campuran mortar didapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 66.13 MPa pada ukuran butiran 0.075 mm (H) dengan kadar 5% dan nilai SAI tertinggi sebesar 117.52%.
4. Penggunaan gradasi terhadap *filler* memberikan kuat tekan dan kepatadan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar tanpa penggunaan gradasi terhadap *filler*.
5. Efek gradasi pada kalsium karbonat didapatkan nilai diameter *flow* tertinggi sebesar 20.1 cm, berat jenis tertinggi sebesar 2.401 kg/m<sup>3</sup>, dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 67.47 MPa atau nilai SAI sebesar 119.90% sedangkan pada *waste marble dust* didapatkan nilai diameter *flow* tertinggi

sebesar 15 cm, berat jenis tertinggi sebesar 2.331 kg/m<sup>3</sup>, dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 64.27 MPa atau nilai SAI sebesar 114.22%.

## 5. DAFTAR REFERENSI

- Chen, R., Li, Y., Xiang, R., & Li, S. (2016). Effect of Particle Size of Fly Ash on the Properties of Lightweight Insulation Materials. *Construction and Building Materials*, *123*, 120–126.
- Corinaldesi, V., Moriconi, G., & Naik, T. R. (2010). Characterization of Marble Powder for Its Use in Mortar and Concrete. *Construction and Building Materials*, *24*(1), 113–117.
- Huseyin, Y. A., Guru, M., Dayi, M., & Tekin, I. (2010). Utilization of Waste Marble Dust as an Additive In Cement Production. *Material and Design*, *31*, 4039–4042.
- Kai, Y., Mingquan, Z., Bryan, M., Changhui, Y., Chong, W., & Xiaohong, Z. (2017). Investigation of Effects of Portland Cement Fineness and Alkali Content on Concrete Plastic Shrinkage Cracking. *Construction and Building Materials*, *144*, 279–290.
- Moosberg-Bustnes, H., Lagerblad, B., & Forssberg, E. (2004). The Function of Fillers in Concrete. *Materials and Structures*, *37*, 74–81.
- Naik, T.R., Canpolat, F., & Chun, Y. (2003). *Limestone Powder Use in Cement and Concrete*. Report Department of Civil Engineering and Mechanics, The University of Wisconsin, Milwaukee, 31, 525.