

## PENGARUH PENAMBAHAN *SILICON CARBIDE* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR

Gelvin Goestiawan.<sup>1</sup>, Michelle.<sup>2</sup>, Handoko Sugiharto<sup>3</sup>, Gunawan Budi Wijaya<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi semen dengan *silicon carbide* terhadap karakteristik mortar. *Silicon carbide* merupakan material industri yang dipakai sebagai bahan *abrasive*, keramik, dan berbagai pengaplikasian untuk kinerja tinggi. Dalam penelitian ini, *silicon carbide* dibedakan menjadi 2 perlakuan yaitu ada yang disintering terlebih dahulu dengan suhu 900°C selama 2 jam dan ada yang tidak disintering. Persentase kadar *Silicon carbide* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Beberapa macam pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan, kecepatan memadat, kelecakan, penyerapan air, dan tes abrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan sintering *silicon carbide* dengan kadar 5% akan meningkatkan kuat tekan mortar sebesar 2% pada umur 28 hari dan meningkat sebesar 6% pada umur 56 hari dibandingkan mortar *control*. Penggunaan *silicon carbide* tidak dapat meningkatkan kuat tekan secara signifikan, akan tetapi dengan memiliki ketahanan abrasi yang tinggi maka *silicon carbide* dapat digunakan sebagai pelapis permukaan beton.

**KATA KUNCI :** *mortar, silicon carbide, compressive strength, workability, setting time, water absorption, sintering, abrasion test*

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan sangat meningkat akibat pembangunan infrastruktur di Indonesia yang semakin pesat. Penggunaan beton yang semakin pesat, akan meningkatkan produksi semen. Meningkatnya produksi semen akan menyebabkan efek yang buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu diperlukan inovasi yang dapat menggantikan semen. Material yang saat ini sering dipakai dalam campuran beton adalah *fly ash* dan *silica fume*. *Fly ash* dan *silica fume* sering digunakan sebagai material pengisi yang dicampurkan kedalam adonan beton untuk meningkatkan kuat tekan dan karakteristik lainnya. Selain 2 material yang telah disebutkan ada 1 material yang mungkin dapat digunakan dalam pembuatan beton, yaitu dengan *silicon carbide*. *Silicon carbide* adalah material yang biasa digunakan untuk keperluan industri dengan karakteristik kekuatan mekanik tinggi, kekerasan tinggi. Penggunaan *silicon carbide* pada saat ini lebih cenderung sebagai bahan abrasif, bahan keramik, dan untuk bahan refraktori (Pilli, 2015). Pada penelitian ini *silicon carbide* digunakan sebagai substitusi semen dengan kadar yang berbeda-beda untuk dapat mengetahui karakteristik mortar.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414173@john.petra.ac.id.

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21414211@john.petra.ac.id

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

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

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Tjokrodinuljo (1996:5), mortar adalah campuran air, semen Portland, dan agregat halus. Beberapa karakteristik mortar yang penting adalah *compressive strength*, *time setting*, *workability* dan *water absorption*. Bahan substitusi semen yang digunakan pada penelitian ini adalah *silicon carbide*. Niyomwas (2009) mengatakan bahwa *silicon carbide* adalah salah satu bahan keramik *non-oksida* yang diproduksi dalam skala besar berupa serbuk. *Silicon carbide* (SiC) adalah material yang berbahan dasar pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan direaksikan dengan *Carbon* (C) pada temperatur tinggi. Pada penelitian ini *silicon carbide* yang digunakan dalam bentuk bubuk. Perlakuan SiC dalam penelitian ini dibedakan menjadi 2 yaitu ada yang diberi perlakuan sintering dan ada yang tidak disintering. Sintering merupakan peristiwa penghilangan pori-pori antara partikel bahan, dan terjadi penyusutan komponen. Menurut Jiang, et al (2017) beberapa pengaruh dari *silicon carbide* yang telah dicampurkan ke mortar, yang pertama adalah *compressive strength*, penambahan *silicon carbide* pada mortar memiliki kuat awal yang lebih rendah daripada mortar normal, namun akan meningkatkan kekuatan akhir. Yang kedua adalah semakin banyak penambahan *silicon carbide* akan berdampak pada hilangnya *fluidity* atau semakin berkurang *workability* nya. Pada penelitian Alvin&Tandra (2017) dengan adanya penambahan *silicon carbide* sebagai bahan pengisi dalam mortar maka akan mempercepat waktu ikat (*setting time*) dan daya serap semakin berkurang.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada mortar, dilakukan 5 macam pengujian, yaitu, *compression test*, *time setting test*, *flow table test*, *water absorption test*, dan *abrasion test*. Benda uji berupa kubus berukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  dan balok berukuran  $10 \times 10 \times 1 \text{ cm}^3$ . Tahap awal penelitian ini dimulai dari *flow table test* yang mengacu pada ASTM C1437 (2016) yang bertujuan untuk mengetahui kelecakan dari campuran mortar sebelum dicetak. Tahap selanjutnya adalah *time setting test* mengacu pada ASTM C191 (2004) yang bertujuan untuk mengetahui waktu *setting* dari pasta. Benda uji yang telah diuji *flow table test* dicetak akan dilakukan *compression test* mengacu pada ASTM C109 (2008) yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan mortar pada umur 3,7,28, dan 56 hari. Pengujian *water absorption test* mengacu pada ASTM C140M (2005) yang bertujuan untuk mengetahui daya serap relatif air oleh karakteristik kapiler, pengujian ini dilakukan pada mortar berumur 28 hari yang telah di *curing* dan di oven untuk mengetahui berat basah dan berat keringnya. Pengujian *abrasion test* mengacu pada ASTM D4060 (2010) yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan terhadap abrasi pada lapisan permukaan benda uji, pengujian ini dilakukan pada mortar berumur 7 hari .

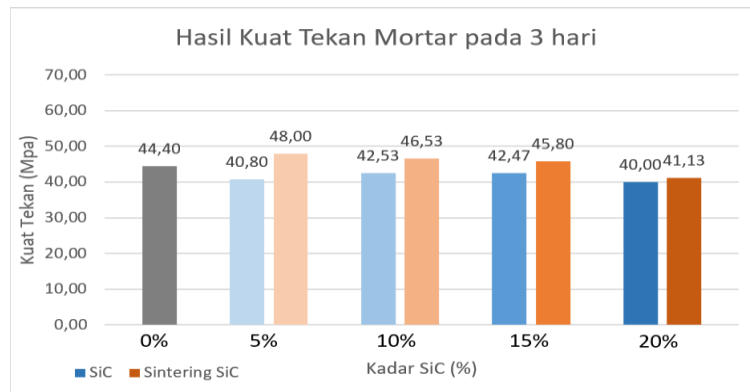
## 4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada penelitian tentang pengaruh penambahan *silicon carbide* sebagai substituai semen terhadap karakteristik mortar, didapatkan hasil pengujian *compressive strength*, *setting time*, *flow table*, *water absorption*. dan *abrasion test*. Semua hasil data ditunjukkan dalam bentuk grafik agar memudahkan dalam melakukan analisa dan melihat hubungan antar variabel. Berikut adalah data hasil dari kelima pengujian yang telah dilakukan :

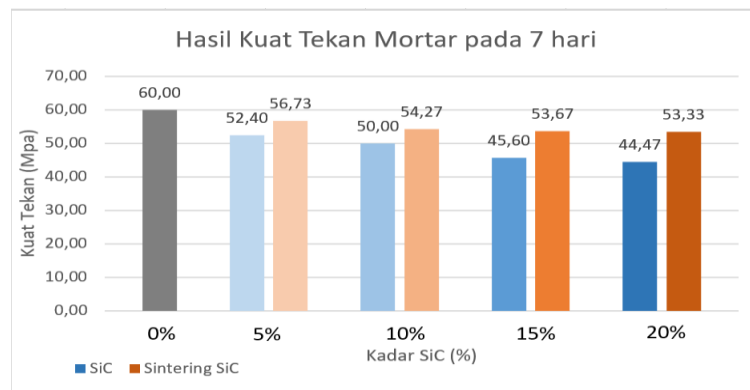
### 4.1. *Compression Test*

Pada pengujian kuat tekan didapatkan hasil berupa grafik kuat tekan. Pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** dapat dilihat bahwa mortar dengan *silicon carbide* akan memiliki kuat tekan awal yang lebih rendah dibandingkan dengan mortar control. Adanya sintering dapat membantu meningkatkan kekuatan mortar pada saat umur 3 hari, hal ini ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan 8,1% antara mortar control dengan mortar sintering SiC 5%. Semakin banyak kadar SiC yang digunakan untuk mensubstitusi semen, maka kekuatan mortar semakin turun. Pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** dapat dilihat bahwa penggunaan SiC tidak menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan secara signifikan, adanya peningkatan sebesar 2% pada umur 28 hari dan 6% pada umur 5 hari dengan penambahan sintering SiC 5%. Jika dibandingkan

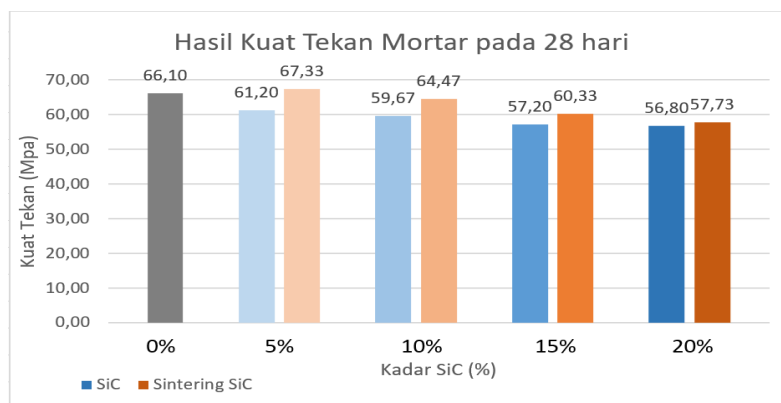
dengan mortar campuran SiC biasa (non-sintering) maka mortar dengan campuran sintering SiC lebih dapat meningkatkan kekuatan mortar.



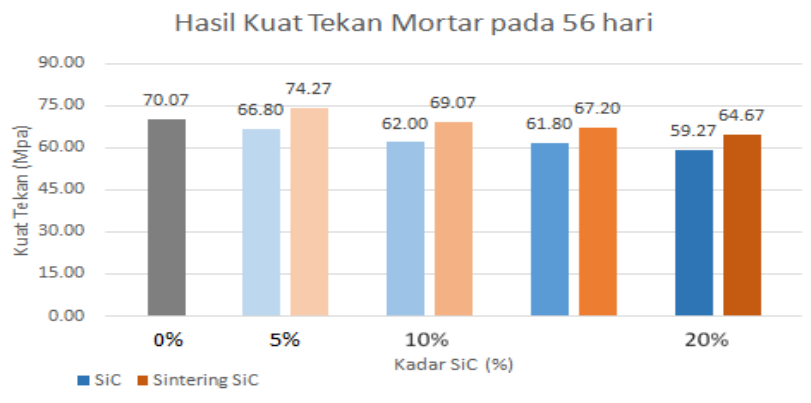
**Gambar 1. Hasil Kuat Tekan Mortar Umur 3 Hari**



**Gambar 2. Hasil Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari**



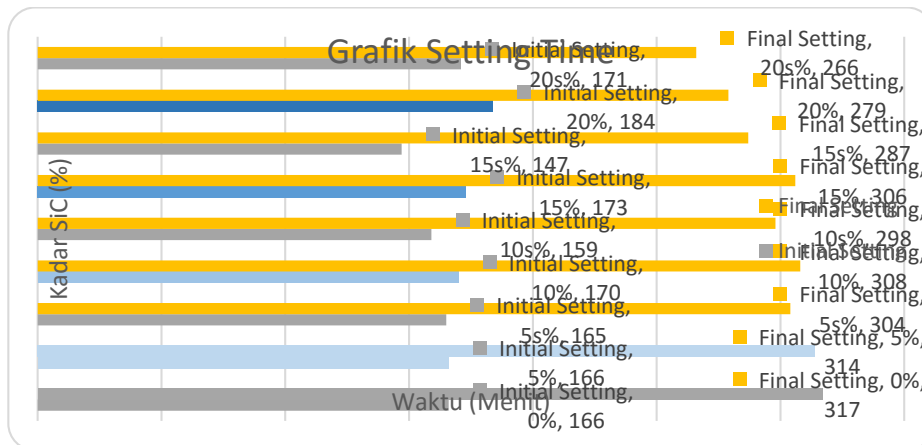
**Gambar 3. Hasil Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari**



Gambar 4. Hasil Kuat Tekan Mortar Umur 56 Hari

#### 4.2. Time Setting Test

Dari hasil pengujian *time setting* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut Tanda s% pada kadar SiC menunjukkan bahwa *silicon carbide* disintering.

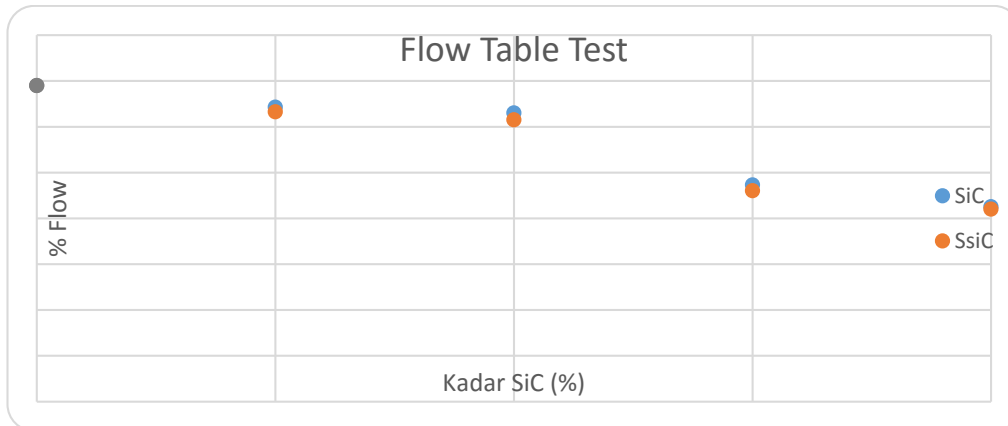


Gambar 5. Grafik Perbandingan Time Setting Test

Dari **Gambar 5** dapat dilihat bahwa penambahan *silicon carbide* menunjukkan adanya percepatan waktu *setting* pada mortar. Semakin banyak kadar *silicon carbide* yang digunakan maka waktu *setting* pada mortar juga semakin cepat. Perlakuan sintering *silicon carbide* juga memiliki *setting time* yang lebih cepat dibandingkan mortar control maupun mortar campuran *silicon carbide* biasa. Hal ini disebabkan pada saat *mixing* hasil campuran mortar menjadi lebih kental daripada campuran mortar non-*silicon carbide*, sehingga *setting time* campuran mortar yang kental lebih cepat dibandingkan campuran mortar yang encer.

#### 4.3. Flow Table Test

Dari hasil pengujian *flow table* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut

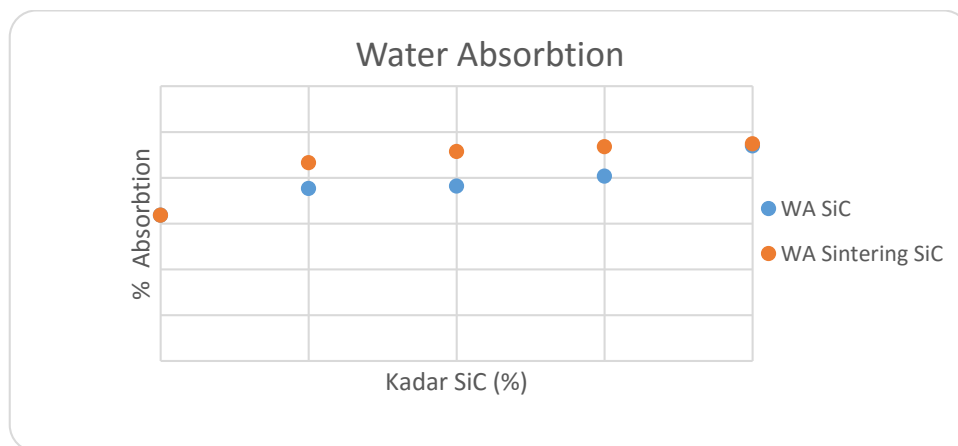


**Gambar 6. Grafik Hasil Flow Table Test**

Dari **Gambar 6** dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan kadar *silicon carbide* pada campuran mortar akan menurunkan *workability* nya, dapat dilihat dari mortar control yang memiliki % Flow sebesar 69% dan mortar yang mengandung 20% *silicon carbide* biasa memiliki nilai % Flow sebesar 42,5%. Nilai %flow juga berkurang apabila *silicon carbide* disintering. Akibat sintering menghasilkan mortar yang lebih kental, sehingga %flow menjadi lebih kecil dibandingkan dengan mortar control maupun mortar campuran non silicon carbide.

#### 4.4. Water Absorption Test

Pada pengujian *water absorption* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut

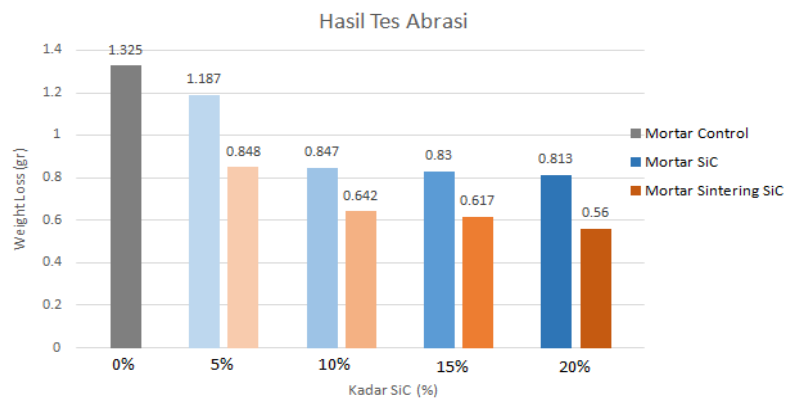


**Gambar 7. Grafik Hasil Water Absorption Test**

Pada **Gambar 7** dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar *silicon carbide* yang dicampurkan kedalam mortar maka akan membuat mortar tersebut menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan mortar *control*. Hal ini disebabkan karena partikel silicon carbide memiliki pori yang lebih besar sehingga menyerap air lebih banyak.

#### 4.5. Abrasion Test

Dari hasil pengujian *abrasion test* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut

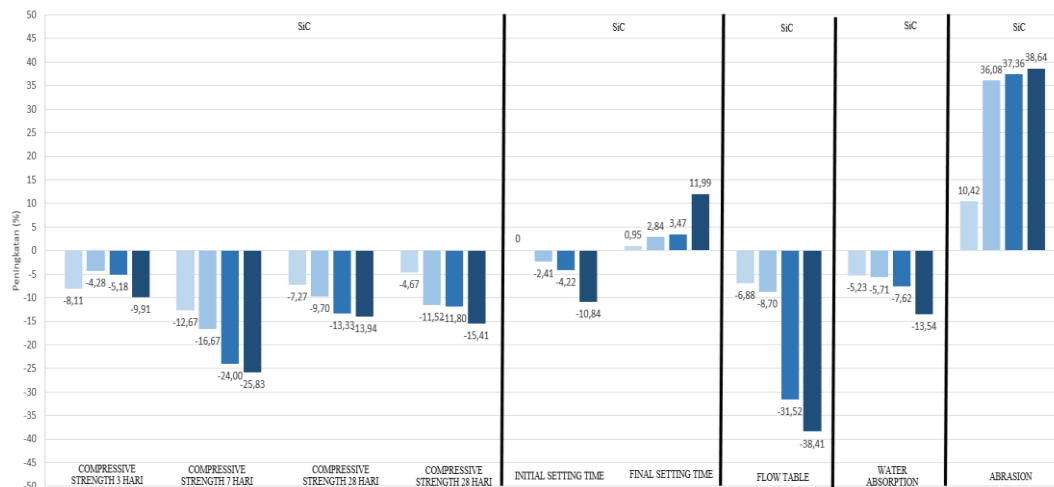


**Gambar 8. Grafik Hasil Abrasion Test**

Pada **Gambar 8** dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar *silicon carbide* yang dicampurkan kedalam mortar maka akan memiliki kehilangan berat setelah abrasi (*weight loss*) yang sedikit dibandingkan dengan mortar *control*. Semakin banyak kadar *silicon carbide* yang digunakan, maka *weight loss* juga semakin besar. Dengan kadar 20% SiC non-sintering terjadi penurunan sebesar 38,64% dibandingkan dengan mortar *control*. Adanya sintering SiC juga menyebabkan terjadi penurunan sebesar 57,74% dibandingkan mortar *control*.

#### 4.6. Hasil Analisa

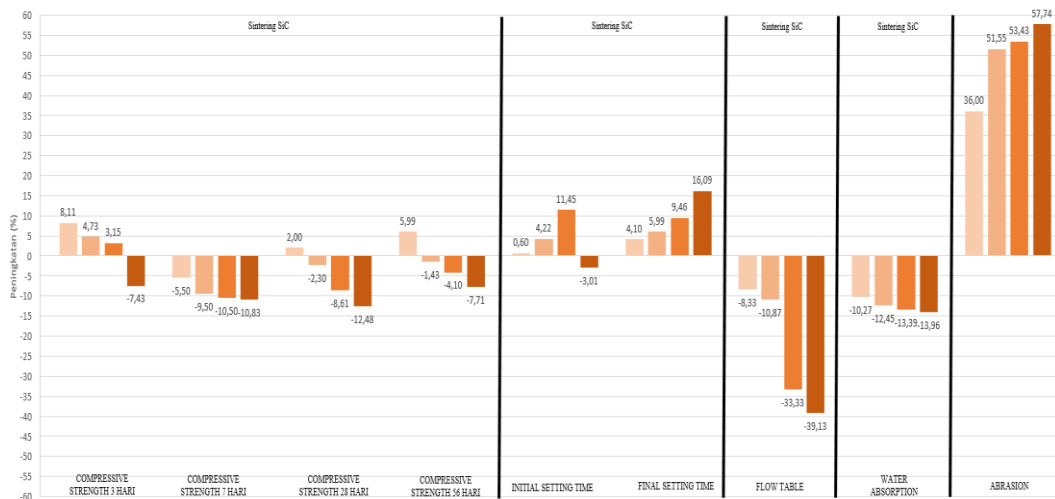
Dari hasil keseluruhan pengujian pada mortar dengan *silicon carbide* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut



**Gambar 9. Grafik Peningkatan Karakteristik Mortar SiC**

Pada **Gambar 9** dapat dilihat bahwa penambahan *silicon carbide* tidak memberikan peningkatan kekuatan dibandingkan dengan mortar *control*, memiliki *final setting time* yang lebih cepat dibandingkan mortar *control*, mortar menjadi lebih kental karena memiliki %flow lebih rendah dibandingkan mortar *control*, memiliki daya serap air yang lebih banyak dibandingkan dengan mortar *control*, dan mortar menjadi lebih tahan terhadap abrasi.

Dari hasil keseluruhan pengujian pada mortar dengan sintering *silicon carbide* didapatkan hasil berupa grafik sebagai berikut



**Gambar 10. Grafik Peningkatan Karakteristik Mortar Sintering SiC**

Pada **Gambar 10** dapat dilihat bahwa penambahan sintering *silicon carbide* memberikan peningkatan kuat tekan paling tinggi dengan kadar 5%, terjadi peningkatan sebesar 2% pada umur 28 hari dan peningkatan sebesar 6% pada umur 56 hari dari mortar *control*, memiliki *final setting time* yang lebih cepat dibandingkan mortar *control*, mortar menjadi lebih kental karena memiliki %flow lebih rendah dibandingkan mortar *control*, memiliki daya serap air yang lebih banyak dibandingkan dengan mortar *control*, dan mortar menjadi lebih tahan terhadap abrasi.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan data-data hasil pengujian mortar maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak kadar *silicon carbide* yang digunakan akan menurunkan *workability* adonan mortar. Hasil *flowtable* menunjukkan adanya penurunan nilai %flow dari mortar *control* yang memiliki %flow sebesar 69% dan mortar yang memiliki kadar 20% *silicon carbide* memiliki nilai %flow sebesar 42,5%. Penurunan %flow yang terjadi dari mortar *control* dan mortar SiC dengan kadar 20% yaitu sebesar 38,41%.
2. Semakin banyak kadar sintering *silicon carbide* yang digunakan akan menurunkan *workability* adonan mortar. Hasil *flowtable* menunjukkan adanya penurunan nilai %flow dari mortar *control* yang memiliki %flow sebesar 69% dan mortar yang memiliki kadar 20% sintering *silicon carbide* memiliki nilai %flow sebesar 39,13%.
3. Penambahan sintering *silicon carbide* akan meningkatkan *early strength* (umur 3 hari) sebesar 8,2% (48,00 MPa) dari kuat tekan mortar *control* (44,40 MPa), dan akan meningkatkan *design compressive strength* (umur 28 hari) sebesar 1,9% (67,33 MPa) dari kuat tekan mortar *control* (66,10 MPa).
4. Semakin banyak penambahan *silicon carbide* pada mortar akan mempercepat *setting time*. Mortar *control* memiliki *setting time* selama 317 menit (*final setting time*) dan mortar dengan kadar *silicon carbide* sebesar 20% memiliki *setting time* selama 279 menit. *Silicon carbide* yang disintering juga memiliki *setting time* yang lebih cepat dibandingkan dengan mortar *control* maupun mortar campuran *silicon carbide* non-sintering.
5. Semakin banyak kadar *silicon carbide* yang digunakan, maka mortar akan lebih tahan terhadap abrasi dibandingkan dengan mortar *control*. Dengan kadar *silicon carbide* 20% terjadi penurunan sebesar 38,64% (0,813gr) dari mortar *control* (1,325gr) dan dengan sintering SiC 20% terjadi penurunan sebesar 57,74% (0,56gr) dari mortar *control* (1,325gr).
6. Pengaruh sintering *silicon carbide*, akan menyebabkan penyusutan karena kandungan air dari *silicon carbide* hilang pada saat sintering. Dengan kandungan air yang hilang, maka pada saat pencampuran, *silicon carbide* yang disintering akan menghasilkan campuran mortar yang lebih kental.

7. Penggunaan *silicon carbide* tidak dapat meningkatkan kekuatan mortar secara signifikan, akan tetapi dengan memiliki ketahanan terhadap abrasi yang tinggi maka *silicon carbide* dapat diaplikasikan sebagai material untuk perkerasan lantai.

## 6. DAFTAR REFRENSI

- ASTM C1437. (2016). *Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar 1*. American Society for Testing and Materials, 1–2.
- ASTM C109. (2008). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*, 3-6.
- ASTM C140. (2005). *Standard Test Method for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*, 4-6.
- ASTM C191-04. (2004). *Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004.
- Alvin, T. Dan Hans, T. (2017). *Pengaruh Penambahan Silicon Carbide Sebagai Bahan Pengisi terhadap Karakteristik Mortar*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Jiang, Z., Ren, Q., Li, H., & Chen, Q. (2017). Silicon Carbide Waste as a Source of Mixture Materials for Cement Mortar. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11(5), 2.
- Niyomwas, S. (2009). Synthesis and Characterization of Silicon-Silicon Carbide Composites from Rice Husk Ash via Self-Propagating High Temperature Synthesis. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 19(2), 21–25.
- Pilli, V. (2015). *Study On The Alumina - Silicon Carbide - Carbon Based tough Castable*, (December).
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.