

## SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON MUTU TINGGI HVFA DENGAN *SUBSTITUSI SILICA FUME*

Iftitah Lidya Az Zahrah Hamzah<sup>1</sup>, Anggi Rahmad Zulfikar<sup>2</sup>  
D4 Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya  
E-mail: \*[iftitahlidya.21058@mhs.unesa.ac.id](mailto:iftitahlidya.21058@mhs.unesa.ac.id)<sup>1</sup>, [anggizulfikar@unesa.ac.id](mailto:anggizulfikar@unesa.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik beton mutu tinggi HVFA dengan substitusi Silica Fume. Beton HVFA dengan substitusi silica fume ini dapat menggantikan sebagian semen yang dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik beton. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian temperature hidrasi beton, kekuatan tekan beton, dan penyerapan air pada beton dengan variasi 0%, 10%, dan 15% silica fume. Sampel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan silinder beton dengan ukuran 15 x 30 cm dengan campuran fly ash 50%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran 15% silica fume memiliki suhu paling tinggi yaitu 41°C, kuat tekan paling tinggi pada umur 28 hari sebesar 56.1 Mpa, dan uji penyerapan air paling rendah sebesar 1.69%. Sedangkan untuk campuran 10% silica fume suhu paling tinggi sebesar 40°C, kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 53.5 Mpa, dan Penyerapan air sebesar 2.52%. dan untuk variasi 0% memiliki suhu paling tinggi 36°C, kuat tekan umur 28 hari sebesar 51.9 Mpa, dan penyerapan air sebesar 3.58%. Penggunaan silica fume 15% menunjukkan hasil temperature hidrasi dan kuat tekan paling tinggi, dan nilai penyerapan air paling rendah. Dari hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa penambahan silica fume pada beton mutu tinggi hvfa dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik pada beton.

### Kata kunci

**Silica Fume, HVFA (*High Volume Fly Ash*), Temperature Hidrasi, Kuat Tekan Beton, Penyerapan air**

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the physical and mechanical properties of high-strength HVFA concrete with Silica Fume substitution. HVFA concrete with silica fume substitution can replace some of the cement, which can improve the physical and mechanical properties of concrete. In this study, tests were conducted on the hydration temperature of concrete, compressive strength of concrete, and water absorption of concrete with variations of 0%, 10%, and 15% silica fume. The samples used in this study were cylindrical concrete with a size of 15 x 30 cm and a mixture of 50% fly ash. The results of this study showed that concrete with a mixture of 15% silica fume had the highest temperature of 41°C, the highest compressive strength at 28 days of 56.1 MPa, and the lowest water absorption test of 1.69%. Meanwhile, for the 10% silica fume mixture, the highest temperature was 40°C, compressive strength at 28 days was 53.5 MPa, and water absorption was 2.52%. And for the 0% variation, the highest temperature was 36°C, compressive strength at 28 days was 51.9 MPa, and water absorption was 3.58%. The use of 15% silica fume showed the highest hydration temperature and compressive strength, and the lowest water absorption value. From the results of this study, it is shown that the addition of silica fume to high-strength HVFA concrete can improve the physical and mechanical properties of concrete.*

### Keywords

**Silica Fume, High Voluem Fly Ash (HVFA), Hidration Temperature, Concrete Compressive Strenght, Ater Absorption.**

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia kian melejit terutama pada bangunan gedung. Dalam rangka mendukung terwujudnya suatu pembangunan berkelanjutan diperlukan pengendalian terhadap suatu bahan – bahan yang memproduksi emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai bahan utama penyebab adanya pemanasan global. Penggunaan beton sebagai bahan pengikat dimana proses produksi semen melepaskan sejumlah besi emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) ke atmosfer. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengurangi dengan menggunakan bahan pengikat alternatif bahan pengganti (Malhotra, 1999). Bahan alternatif untuk meminimalisir penggunaan yaitu dengan menggunakan fly ash (limbah batu bara atau abu terbang) dan Silica Fume. Fly Ash atau abu terbang yaitu limbah hasil Batu bara yang berbentuk halus, bundar, dan bersifat pozzolanic, yang diambil dari tungku pembangkit listrik tenaga uap yang terbawa gas buangan cerobong asap.

Adanya fly ash dalam beton berfungsi untuk mengurangi jumlah penggunaan semen. Dengan bentuk fly ash yang sangat halus membuat beton menjadi rapat karena partikel halus fly ash dapat mengisi pori-pori beton. Dimana telah terbukti bahwa penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti Sebagian semen dapat mengurangi penggunaan air pada campuran beton sehingga dihasilkan beton mutu tinggi. Silica fume yaitu material pozzolan yang halus yang banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silicon atau alloy besi silicon yang dikenal sebagai gabungan antara microsilica dengan silica fume (ASTM-C1240-20). Penambahan bahan silica fume dianggap efektif untuk pengganti semen karena memiliki kandungan silica amorf dan memiliki ukuran partikel yang sangat halus dapat meningkatkan sifat mekanis beton dan dapat memperbaiki durabilitas dan workability beton dengan kandungan fly ash tinggi.

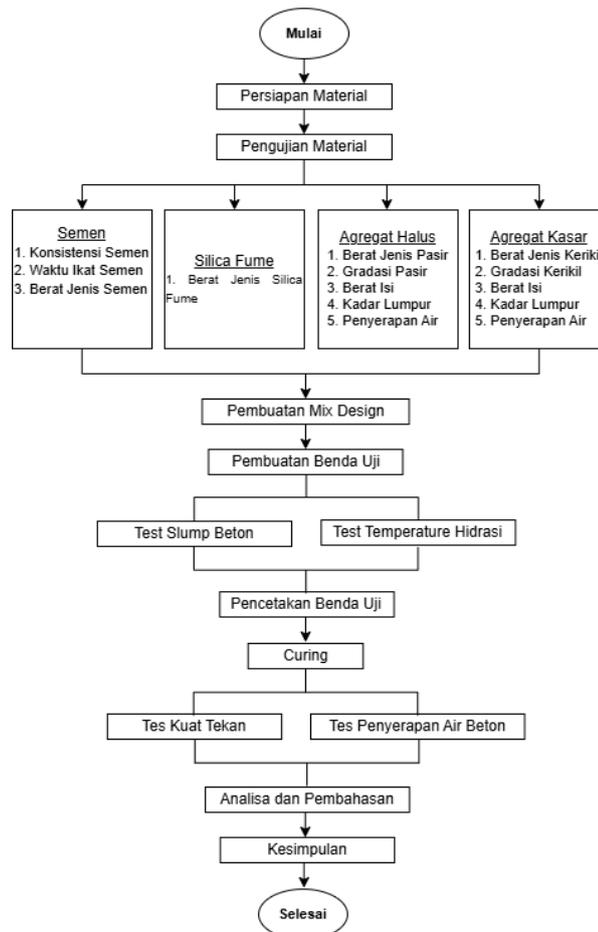
Adanya bahan tambah fly ash dan silica fume untuk mengurangi jumlah penggunaan air yang menghasilkan beton dengan mutu tinggi dengan nilai faktor air semen rendah. Kecilnya pori pada beton mutu tinggi dengan pemakaian fly ash dan silica fume juga dapat menghambat difusi ion klorida yang masuk dalam beton. Rumusan masalah yang diambil yaitu, bagaimana temperature hidrasi beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, bagaimana kuat tekan beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, serta bagaimana penyerapan air beton yang terkandung pada beton mutu tinggi menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%.

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut, mengetahui temperature hidrasi beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, mengetahui kuat tekan beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, dan mengetahui penyerapan air dalam beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%. Manfaat dari penelitian ini, untuk mengetahui temperature hidrasi beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, mengetahui kuat tekan beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, serta mengetahui penyerapan air dalam beton pada beton mutu tinggi yang menggunakan HVFA dengan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%.

Untuk Batasan masalah, ruang lingkup mengenai penelitian bertujuan agar tidak menyimpang dari pokok permasalahan dan pembatasan pada penelitian ini, mencakup penggunaan 36 sample benda uji dari campuran hvfa dan silica fume, beton HVFA disini menggunakan variasi silica fume 0%, 10%, dan 15%, pengujian kuat tekan beton disini

pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, benda uji yang digunakan berupa silinder dengan ukuran 30 cm x 15 cm, mutu beton yang dipilih dalam penelitian ini yaitu sebesar 42 Mpa, jumlah benda uji 3 buah setiap variasi, pasir yang digunakan dalam campuran beton ini menggunakan pasir Lumajang, serta penelitian ini membahas sifat fisik dan mekanik pada beton bukan sifat kimia dari silica fume.

## 2. METODE PENELITIAN



**Gambar 1: Diagram Alir Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Solusi Bangun Beton (SBB). Berikut alur penelitian :

### 2. 1 Tahap 1 (Persiapan)

Tahap pertama penelitian ini mencakup persiapan yang meliputi kajian literature serta mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, termasuk fly ash, silica fume, semen, agregat halus dan kasar, dan air.

### 2. 2 Tahap 2 (Uji Material dan Mix Design)

Pada Uji material ini meliputi uji semen, agregat halus dan kasar, uji silica fume.

- Pengujian Semen, meliputi : Uji konsistensi semen, waktu ikat semen, dan berat jenis semen.
- Pengujian Silica Fume, meliputi : Uji berat jenis silica fume.
- Pengujian Agregat halus dan Kasar, meliputi : Uji berat jenis agregat, uji gradasi agregat, uji berat isi agregat, uji kadar lumpur agregat, uji penyerapan air agregat.
- Pada penelitian ini meneliti variasi komposisi beton mutu tinggi dengan mensubstitusikan semen dengan silica fume. Variabel bebas yang digunakan yaitu

rasio substitusi silica fume 0%, 10%, dan 15%. Sementara itu, variabel terikat yang diukur yaitu kuat tekan beton dengan mutu 42 Mpa.

### **2. 3 Tahap 3 (Pembuatan Sampel Beton)**

- a. Campurkan semua bahan kering ke dalam mini mixer (Agregat halus dan kasar, Fly Ash, Silica Fume).
- b. Mulai mix mixer dan secara bertahap tambahkan air hingga mencapai konsistensi yang diinginkan.
- c. Tuangkan campuran beton ke dalam cetakan silinder 15 x 30 cm yang telah diberi oli secara bertahap.
- d. Tuang campuran beton dengan 3x pengisian, setiap pengisian di rojok dan di pukul menggunakan palu karet, lakukan sebanyak 25 kali per bagian.
- e. Pastikan menuang beton pada cetakan tidak terlalu tinggi.
- f. Setelah beton terisi, ratakan permukaan cetakan dengan alat finishing seperti trowel hingga permukaan halus dan mulus.

### **2. 4 Tahap 4 (Pengujian Temperature Hidrasi)**

- a. Ambil sedikit beton segar dan masukkan ke dalam termos / wadah kedap suhu.
- b. Letakkan termometer pengukur suhu diatas beton segar hingga masuk ke bagian tengah beton.
- c. Tutup dan pastikan wadah / termos tersebut kedap dari suhu diluar termos agar suhu beton dapat terukur.
- d. Amati kenaikan dan turunnya suhu hingga waktu yang diinginkan.

### **2. 5 Tahap 5 (Perawatan Sampel Beton)**

Perawatan beton atau yang di sebut curing bertujuan untuk mencegah beton kehilangn kandungan air dengan waku yang cepat. Curing dilakukan dengan air tawar dalam kurun waktu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sesuai dengan umur pengujian benda uji. Sampel beton steleha dicetak di diamkan selama 1 hari di luar air dan curing dilakukan segera setelah pembukaan molding.

### **2. 6 Tahap 6 (Pengujian Kuat Tekan Beton)**

- a. Ambil benda uji yang usai di curing sesuai dengan umur yang diinginkan. Timbang benda uji untuk mengetahui beratnya. Dan catat hasil berat benda uji tersebut.
- b. Siapkan mesin kuat tekan beton dan tempatkan benda uji ke dalam mesin kuat tekan beton.
- c. Beban diterapkan bertahap hingga sampel beton pecah. Kecepatan penerapan harus konstan sekitar 0.2 Mpa per detik.
- d. Catat beban maksimum yang tertera sebelum benda uji rusak.
- e. Hitung kuat tekan beton.
- f. Lakukan secara berkala setiap variasinya hingga sampel benda uji habis teruji semua.

### **2. 7 Tahap 7 (Pengujian Penyerapan Air Beton)**

- a. Ambil benda uji yang telah di curing dengan umur 28 hari pada setiap variasinya.
- b. Timbang berat benda uji sebelum dimasukkan pada oven.
- c. Masukkan benda uji pada oven dengan suhu 220°C dalam kurun waktu 1 hari.
- d. Keluarkan benda uji dari dalam oven, lalu timbang benda uji.
- e. Hitung menggunakan rumus yang telah ditentukan hingga diketahui hasil penyerapan air pada beton tersebut.

### **2. 8 Tahap 8 (Pengolahan Data)**

Tahap ke delapan dalam penelitian ini yaiu pengolahan data, yang disertai analisis hasil pengujian dan perbandingan data teoritis. Data yang diperoleh dari pengujian ini disajikan dalam format tabel dan grafik dan dijelaskan dengan bentuk kalimat.

### 2. 9 Tahap 9 (Prototype)

Prototype pada penelitian ini berupa panduan pengujian sifat fisik dan mekanik beton yang meliputi temperature hidrasi, kuat tekan beton, dan penyerapan air beton.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material, pada pengujian ini semen yang digunakan yaitu Dynamix OPC Type 1. Pengujian dari semen ini sesuai dengan SNI 12-2531-1991. Berikut Hasilnya :

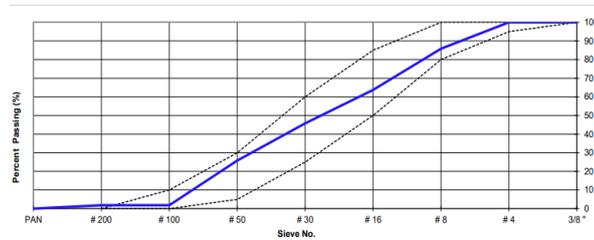
**Tabel 1. Hasil Uji Semen**

No.	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1.	Konsistensi Normal	28.4 %
2.	Waktu Ikat	
	- Pengikatan Awal	46 menit
	- Pengikatan Akhir	140 menit
3.	Berat Jenis	3.03 gr/cc

Agregat Halus yang digunakan yaitu berasal dari Lumajang dengan karakteristik berwarna hitam, Berikut hasil dari pengujian tersebut :

**Tabel 2. Hasil Uji Semen**

No.	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1.	Berat Isi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$1.65 \text{ gr}/\text{cm}^3$
2.	Berat Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$2.77 \text{ gr}/\text{cm}^3$
3.	Penyerapan Air (%)	1.01%
4.	Kadar Lumpur (%)	0.08%

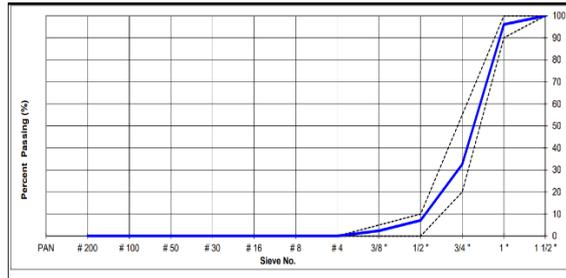


**Gambar 2: Grafik Uji Gradasi Agregat Halus**

Uji gradasi ini sudah sesuai ASTM C.136. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa agregat halus tersebut termasuk kategori pada zona II atau kategori sedang. Untuk agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini juga berasal dari Lumajang. Uji agregat kasar ini meliputi uji berat jenis, uji gradasi, uji berat isi, uji kadar lumpur, dan uji penyerapan air.

**Tabel 3. Hasil Uji Agregat Kasar**

No.	Jenis Uji	Hasil Pengujian
1.	Berat Isi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$1.54 \text{ gr}/\text{cm}^3$
2.	Berat Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$2.77 \text{ gr}/\text{cm}^3$
3.	Penyerapan Air (%)	1.07%
4.	Kadar Lumpur (%)	1 %



**Gambar 3: Grafik Uji Gradasi Agregat Kasar**

Grafik diatas menunjukkan grafik hasil uji gradasi agregat kasar, grafik tersebut menunjukkan bahwa batu pecah atau agregat kasar tersebut masuk ke dalam zona gradasi yang ditentukan, hingga batu pecah memenuhi syarat gradasi berdasarkan Gradasi No. 5 ASTM C-33. Untuk pengujian silica fume terdiri dari uji berat jenis silica fume Silica fume berwarna abu-abu, diameter butiran rata-rata 0,1 m, dengan specific surface 20000 m<sup>2</sup>/kg, seperseratus kali lebih halus dari pada semen, berat jenis silica fume 2,2 dan berat volumenya sebesar 200-300 kg/m<sup>3</sup> (**Burge, 1988**). Berdasarkan dari hasil trial and eror terhadap berbagai variasi mix design, dan mixdesign ini dipilih karena sesuai dan memenuhi standar uji beton. Mix design yang dipilih memiliki acuan SNI 03-2834-2000.

**Tabel 4.1 Mix Desain**

<u>Komposisi</u>	K-500 (Fc 42Mpa) (kg)	K-500 (Fc 42Mpa) (kg)	K-500 (Fc 42Mpa) (kg)
Kadar Silica Fume	0%	10%	15%
Air	160	160	160
Semen	303	303	303
Fly Ash	303	273	258
Silica Fume	-	30	45
Split 12 - 25	510	510	510
Split 5 - 12	510	510	510
Pasir	530	530	530
<u>Lumajang</u>			
Admixture	900 ml	900 ml	900 ml

**Gambar 4: Mix Design**

Hasil Pengujian ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian pada beton segar yang mengacu pada pedoman EFNARC 2005. Berikut hasil pengujian beton segar slump beton :

**Tabel 4. Hasil Uji Agregat Kasar**

Jenis	Kadar Silica Fume	Slump
<b>Fly Ash (50%)</b>	0 %	10 cm
	10 %	11 cm
	15%	12 cm

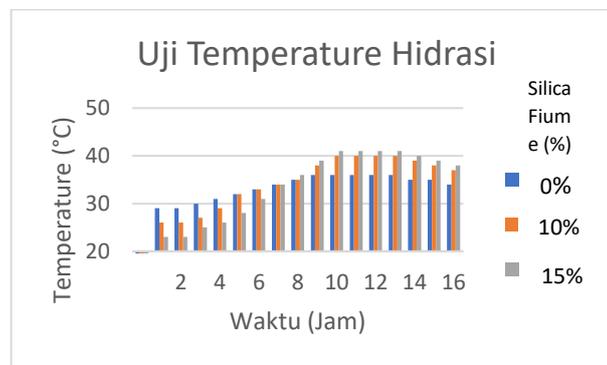
Pada tabel 4 di dapatkan nilai slump yang semakin naik. Semakin tinggi kadar silica fume yang terkandung dalam beton tersebut, semakin tinggi juga nilai slumpnya. Hal ini disebabkan karena silica fume termasuk bahan pozzolan yang memberikan pengaruh terhadap kelecakan / keenceran pada beton sehingga semakin meningkatnya nilai *workability* beton. Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui besar temperature hidrasi pada beton segar. Berikut hasil pengujian :

**Tabel 5. Hasil Uji Temperature Hidrasi**

Jam ke-	Prosentase Silica Fume (%)		
	0%	10%	15%
3	30°	27°	25°
10	36°	40°	41°
14	35°	39°	40°

Keterangan :

	: Mulai Kenaikan
	: Suhu Stabil
	: Penurunan



**Gambar 5: Grafik Uji Temperature Hidrasi**

Pada hasil pengujian Temperature Hidrasi pada beton segar tersebut dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu terjadi pada jam ke-3 setelah dilakukan *trial mix*. Suhu tertinggi menunjukkan 41°C pada campuran beton dengan kadar silica fume 15%. Suhu terendah dimiliki beton dengan campuran silica fume 0% karena kandungan fly ash lebih banyak dibanding kadar silica fume 10% dan 15%. Fly ash menyebabkan terhambatnya suhu yang ada pada beton tersebut. Fungsi silica fume pada pengujian temperature hidrasi ini yaitu menaikkan suhu yang terkandung pada beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan pedoman ASTM C 39. Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan mesin Compressing Testing Machine (CTM) di Laboratorium PT. Solusi Bangun Beton. Mutu beton yang direncanakan yaitu mutu 42 Mpa. Berikut hasil uji kuat tekan beton berdasarkan umurnya :

**Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 7 Hari**

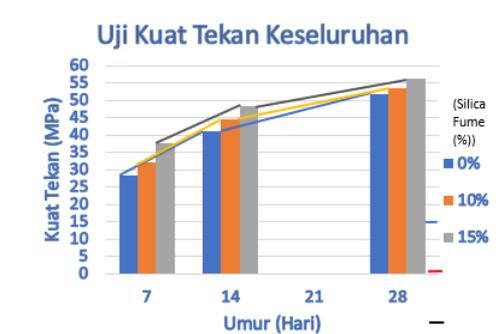
Umur Beton 7 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P maks (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Rata-rata (MPa)
HVFA+ SILICA FUME	0% (1)	522700	17662,5	29.5	28.5
	0% (2)	470400	17662,5	26.6	
	0% (3)	511300	17662,5	29.4	
	10% (1)	527900	17662,5	29.8	32
	10% (2)	585400	17662,5	33.1	
	10% (3)	590000	17662,5	33.3	
	15% (1)	639000	17662,5	36.1	37.5
	15% (2)	715200	17662,5	40.4	
	15% (3)	640500	17662,5	36.2	

**Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 14 Hari**

Umur Beton 14 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P maks (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Rata-rata (MPa)
HVFA+ SILICA FUME	0% (1)	715200	17662,5	40.4	41.2
	0% (2)	752200	17662,5	42.5	
	0% (3)	723300	17662,5	40.9	
	10% (1)	761300	17662,5	43	44.6
	10% (2)	820700	17662,5	46.4	
	10% (3)	783700	17662,5	44.6	
	15% (1)	849000	17662,5	48	48.4
	15% (2)	861700	17662,5	48.7	
	15% (3)	858900	17662,5	48.6	

**Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari**

Umur Beton 28 Hari					
Jenis Beton	Benda Uji	P maks (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Rata-rata (MPa)
HVFA+ SILICA FUME	0% (1)	884100	17662,5	50	51.9
	0% (2)	944300	17662,5	53.4	
	0% (3)	924600	17662,5	52.3	
	10% (1)	884100	17662,5	50	53.5
	10% (2)	1030000	17662,5	58.2	
	10% (3)	924600	17662,5	52.3	
	15% (1)	884800	17662,5	50	56.1
	15% (2)	1064600	17662,5	60.2	
	15% (3)	1027900	17662,5	58.1	



**Gambar 6: Grafik Uji Kuat Tekan Keseluruhan**

Hasil rata - rata uji kuat tekan beton HVFA dengan campuran silica fume disajikan pada setiap tabel diatas dan grafik. Pada Grafik 6 terlihat bahwa semakin banyak beton mengandung silica fume, semakin tinggi nilai kuat tekan yang di dapat. Kuat tekan tertinggi mencapai 58.1 Mpa yang dimiliki beton dengan campuran silica fume 15% pada umur beton 28 hari. Pada beton dengan campuran 0% silica fume memiliki hasil yang tergolong rendah, karena beton tersebut tidak mengandung silica fume. Pada uji kuat tekan ini berpacu pada ASTM C39/C39M. Pengujian penyerapan air beton berfungsi untuk mengetahui besar penyerapan air pada beton. Hasil tes yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode uji penyerapan air dengan metode pengeringan di dalam oven. Untuk mengetahui besar hasil penyerapan air ini digunakan rumus :

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m1 - m0}{m0} \times 100\% =$$

Berikut hasil uji penyerapan air beton :

**Tabel 9. Data pengamatan Penyerapan air 0% Silica Fume**

Waktu oven (Hari ke-...)	Berat (kg)			Berat rata-rata (kg)
	1	2	3	
0	13.22	12.31	13.50	13.01
1	12.58	12.09	13.02	12.56

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m1-m0}{m0} \times 100\% = \frac{13.01-12.56}{12.56} \times 100\% = 3.58\%$$

**Tabel 10. Data pengamatan Penyerapan air 10% Silica Fume**

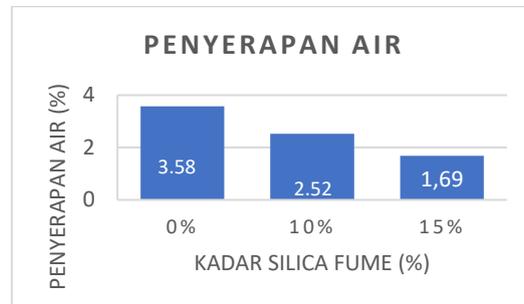
Waktu oven (Hari ke-...)	Berat (gr)			Berat rata-rata (gr)
	1	2	3	
0	13.24	13.22	12.31	13
1	13.02	13.00	12.04	12.68

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m1-m0}{m0} \times 100\% = \frac{13-12.68}{12.68} \times 100\% = 2.52\%$$

**Tabel 11. Data pengamatan Penyerapan air 15% Silica Fume**

Waktu oven (Hari ke-...)	Berat (gr)			Berat rata-rata (gr)
	1	2	3	
0	12.96	13.36	13.28	13.2
1	12.80	13.14	13.02	12.98

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{m1-m0}{m0} \times 100\% = \frac{13.2-12.98}{12.98} \times 100\% = 1.69\%$$



**Gambar 7: Grafik Pengujian Penyerapan Air Beton**

Pada penelitian penyerapan air beton ini menunjukkan hasil bahwa semakin besar kadar silica fume yang terkandung pada beton semakin rendah penyerapan air pada beton. Semakin rendah nilai penyerapan air pada beton disebabkan karena reaksi semen tius yang banyak menghasilkan bahan silica hidrat dan lebih sempurna. Pada penelitian ini mengacu pada ASTM C-1585.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis dari penelitian ini menunjukkan bahwa beton yang memiliki campuran fly ash dan silica fume memiliki suhu tertinggi mencapai 41°C, selain itu campuran beton dengan fly ash dan silica fume mengalami peningkatan pada kuat tekan beton mencapai rata – rata 56.1 MPa pada umur 28 hari. Untuk nilai penyerapan air beton, beton yang memiliki campuran fly ash dan silica fume 15% paling kecil nilai penyerapan

airnya, yaitu sebesar 1.69%. Dari hasil tersebut terbukti bahwa silica fume adalah bahan yang ramah lingkungan yang bisa digunakan pada industri konstruksi saat ini.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Absori, A. (2006). Deklarasi Pembangunan Berkelanjutan dan Implikasinya di Indonesia. *Jurnal Ilmu Hukum, Vol. 9*(No. 1), 49. <http://hdl.handle.net/11617/729>.
- Ariska, M. S. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA).
- ASTM-C1240-20. (n.d.). Pengertian Silica Fume.
- Baiq Virgia Srihayati, S. M. (2021). Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagian Semen.
- Bale, A. A. (2019). Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi.
- Efrilia Rahmadona, K. R. (2024). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Silica Fume dan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Sebagian.
- Hans Tobias Wijaya, N. A. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH DAN SILICA FUME DENGAN KADAR. *Publication Petra*.
- Hans Tobias Wijaya, N. A. (2022). Pengaruh Penggunaan Fly Ash dan Silica Fume Dengan Kadar Tinggi Terhadap Kuat Tekan Ultra High Performance Concrete .
- Khan, M. I. (2011). Utilization of silica fume in concrete: Review of durability properties. *Resources, Conservation and Recycling, 57*, 30-35.
- Malhotra, V. M. (1999). Making concrete greener. *Concrete International, Vol.*, 61-66.
- Malhotra, V. M. (2005). High Performance, High-Volume Fly Ash Concrete: materials, mixture proportioning, properties, construction practice, and case histories. (2nd ed.). . *Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa Canada*.
- Mujib, Y. W. (2021). Studi Perencanaan Beton Mutu Tinggi SCC Dengan Tambahan Limbah Karbit dan Silica Fume.