



Kekuatan Tekan Beton Berpori Additive Sika Fume Mix Self Compacting Concrete

Adnan Adnan

Program Studi Teknik Sipil FT, Universitas Muhammadiyah Parepare

Muh. Faridh Wajeni R

Program Studi Teknik Sipil FT, Universitas Muhammadiyah Parepare

Mustakim Mustakim

Program Studi Teknik Sipil FT, Universitas Muhammadiyah Parepare

Korespondensi Penulis: ferlywijaya774@gmail.com

Abstract: This research aims to determine the effect of adding the additive Sika Fume on the compressive strength of hollow concrete. This research uses a type of quantitative research with experimental methods, namely by carrying out several tests on test objects in the laboratory. The results of this research show that the compressive strength of hollow concrete with the addition of sika fume with a variation of 0% and 2% of the weight of cement, the experimental results obtained for the compressive strength of hollow concrete for 28 days of concrete with a variation of 0% with an average of 16.83 Mpa. For a variation of 2% with an average of 17.42 Mpa. So it can be concluded that concrete with a variation of 2% with an average of 17.42 Mpa is the variation with the highest compressive strength value and reaches the design compressive strength. Meanwhile, the 0% variation with an average of 16.83 Mpa is the lowest compressive strength value and does not reach the design compressive strength.

Keywords: Compressive strength Porous Concrete; Sika Fume; self compacting concrete

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat additive Sika Fume terhadap kuat tekan beton berongga. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental yaitu dengan cara melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton berongga dengan penambahan sika fume dengan variasi 0%, dan 2% dari berat semen, maka didapatkan hasil eksperimen kuat tekan beton berongga untuk usia 28 hari pada beton variasi 0% dengan rata-rata 16.83 Mpa. Untuk variasi 2% dengan rata-rata 17.42 Mpa. Maka dapat disimpulkan bahwa beton dengan variasi 2% dengan rata-rata 17.42 Mpa merupakan variasi dengan nilai kuat tekan tertinggi dan mencapai kuat tekan rencana. Sedangkan untuk variasi 0% dengan rata-rata 16.83 Mpa merupakan nilai kuat tekan terendah dan tidak mencapai kuat tekan rencana.

Kata kunci: Kuat tekan. Beton Berongga; Sika Fume; Beton Alir

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan ekonomi yang meningkat dengan pesat khususnya di kota-kota besar telah memberikan pengaruh yang cukup besar bagi area dan lahan hijau khususnya terkait penyimpanan air tanah. Hal ini dapat terlihat dari banyaknya pembangunan konstruksi sarana dan prasarana infrastruktur di lahan tersebut. Sebagai dampaknya banyak terjadi pengurangan lahan hijau yang tersedia. Berkurangnya lahan hijau yang awalnya berfungsi sebagai daerah resapan air tersebut, serta lapisan perkerasan yang dibuat kedap air mengakibatkan terhambatnya proses peresapan air ke dalam tanah. Sehingga sebagian besar air hujan yang turun menimbulkan limpasan air di permukaan tanah (*run off*) yang berakibat banjir terutama pada musim hujan. Selain itu, adanya penyedotan air tanah yang

terlalu berlebihan juga semakin menambah permasalahan yang ada saat ini. Pengambilan air tanah secara besar-besaran ini akan berdampak pada kekosongan air di dalam tanah. Akibatnya, permukaan tanah akan semakin menurun (*land subsidence*) dan cadangan air tanah semakin menipis.

Di dalam penelitian ini digunakan bahan tambahan (*admixture*) jenis Sika fume. Sika fume merupakan bahan aditif pada campuran beton, yang digunakan untuk meningkatkan densitas, daya tahan dan kekuatan tekan beton. Dalam campuran beton, partikel-partikel halus sika fume yang berukuran lebih halus dari butiran semen akan mengisi celah-celah pada campuran, sehingga rongga udara berkurang dan campuran lebih padat. Adapun keuntungan penggunaan bahan sika fume adalah memperkecil *permeability* sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi, meningkatkan daya tahan beton, mempertinggi kekuatan stabilitas beton, penyusupan klorin menurun tajam, dan kekuatan awal dan akhir yang sangat tinggi.

Khususnya pada konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, dimana perkerasan jalan tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sarana infrastruktur, tetapi juga dapat berfungsi sebagai daerah resapan air. Inovasi tersebut salah satunya adalah dengan membuat beton berongga (*Pervious Concrete*) sebagai lapisan perkerasan yang dapat mengalirkan air hujan langsung meresap ke dalam tanah dengan cepat. Hal ini dikarenakan beton berongga memiliki rongga-rongga udara untuk mengalirkan air dengan cepat dan menjadi daerah resapan air tanah yang baik. Penggunaan perkerasan beton berongga ini dapat diaplikasikan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas ringan seperti lahan parkir, taman dan jalur pejalan kaki (*sidewalk*).

Penelitian tentang beton berongga yang dilakukan oleh Magasari (2020) menyatakan bahwa komposisi agregat mempengaruhi nilai kuat tekan, begitu pula penelitian Satrio (2020), menyatakan dengan menggunakan agregat kasar dengan komposisi presentase agregat kasar (20:40) mm dan penambahan *superplastiser* sika Cim 0,7% diperoleh kuat tekan sebesar 16,03 MPa. Ginting (2015) dalam penelitiannya diperoleh nilai kuat tekan dengan faktor air semen 0,3 lebih baik dari 0,25.

Menurut ACI 522R-10, *Pervious Concrete* atau Beton Porous di definisikan sebagai beton yang memiliki nilai slump hampir mendekati nol, yang terbentuk dari semen Portland, agregat kasar, sedikit agregat halus atau tidak sama sekali, campuran tambahan (*admixture*), dan air. Beton jenis ini tentunya memiliki porositas tinggi dikarenakan sifatnya yang berongga sebesar 15%-25% dari total keseluruhan volumenya, sehingga memiliki kuat tekan yang lebih

rendah dari pada jenis beton padat yang biasa digunakan. Kuat tekan beton porus pada umumnya berkisar antara 2,8 MPa sampai 18 Mpa.



Gambar 1. Sika Fume

Sika Fume merupakan bahan tambah bersifat mineral hasil produk sampingan dari reduksi quarsa murni (SiO_2) dengan batu bara di tanur listrik dalam pembuatan campuran silikon dan ferrosilikon. Sika Fume mengandung kadar SiO_2 yang tinggi, dan mempunyai permukaan yang sangat halus, berbentuk bulat dengan diameter 1/100 dari diameter semen, berwarna abu-abu, dengan berat jenis 0,60 kg/lt, seperti pada gambar berikut.

Penggunaan Sika Fume dengan dosis sesuai dengan ketentuan produk antara 2% - 10% dari berat semen, akan meningkatkan kemampuan beton dengan cara memperkecil permeability sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik, memperbaiki daya ikat dan stabilitas beton segar, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi, mempertinggi kekuatan stabilitas beton, penyusupan klorin menurun tajam, resapan terhadap gas menurun tajam, memperkecil terjadinya shrinkage, kuat tekan awal dan akhir tinggi.

Tabel 1.
Komposisi Kimia Sika Fume (Ilham,2004)

Unsur	Sika Fume %	ASTM C 1240-93
Silikon Dioksida (SiO_2)	93,08	Minimum 85,0
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	1,42	-
Kalsium Oksida (CaO)	0,00	-
Magnesium Oksida (MgO)	0,93	-
Mangan Oksida (MnO)	0,08	-
Pospor Oksida (P_2O_5)	0,23	-
Sulfur Trioksida (SO_3)	0,10	-
Titanium Oksida (TiO_2)	0,08	-
Ferik Oksida (Fe_2O_3)	4,09	-
Karbon (C)	2,19	-
Loss on Ignition (LOI)	1,49	Maksimum 6,0

Menurut standar *Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar* (ASTM-C618-86), silica fume merupakan bahan yang mengandung SiO_2 lebih besar dari 85% dan merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat dan berdiameter 1/100 diameter semen (Kusumo,2013). Menurut Subakti, silica fume mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat kimianya, secara geometris silica fume mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat mekaniknya, silica fume memiliki reaksi yang bersifat pozzolan yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen (Kusumo, 2013). Karena kandungan SiO_2 yang cukup tinggi,

hidrasi air dan semen akan menghasilkan Ca(OH)₂ yaitu bahan yang mudah larut dalam air. Kalsium hidroksida Ca(OH)₂ ini bereaksi dengan silika oksida (SiO₂) membentuk kalsium silikat hidrat, dimana C-S-H ini mempengaruhi kekerasan beton. Keuntungan dalam penggunaan silika fume dapat ditinjau pada dua kondisi:

- 1) Saat beton dalam proses pengikatan :
 - a) Memudahkan pengerjaan (*workability*)
 - b) Mengurangi perembesan air dan beton (*bleeding*), dan
 - c) Memberikan waktu pengikatan (*setting time*) yang lama.
- 2) Saat beton dalam kondisi keras :
 - a) Meningkatkan kuat tarik
 - b) Meningkatkan kuat lentur
 - c) Memperkecil susut dan rangak
 - d) Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif
 - e) Sebagai penetrasi klorida
 - f) Permeabilitas lebih kecil, dan
 - g) Ketahanan terhadap keausan tinggi.

Keuntungan fisik yang diperoleh dari partikel *silica fume* yang halus untuk menempati ruang yang sangat rapat dengan partikel agregat dengan adonan semen yang merupakan daerah kelemahan dari beton yang merupakan alasan timbulnya efek dinding yang mencegah bersatunya semen *Portland* dengan permukaan agregat. Bagian ini yang nantinya akan diisi oleh partikel dari silika fume yang sangat halus sehingga air tidak terperangkap didalam partikel padat sehingga sifat menyerap dari daerah bidang pemisah agregat lebih kecil dibanding dengan tanpa *silica fume*. Menurut Neville, penggunaan *silica fume* dengan jumlah yang rendah (dibawah 5% dari berat semen) tidak menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dari beton karena jumlah *silica fume* tidak akan mencukupi untuk menutupi permukaan seluruh partikel dari agregat kasar, namun penggunaan *silica fume* yang menguntungkan juga terbatas tidak lebih dari 10% dari berat semen yang digunakan, hal ini disebabkan oleh penggunaan *silica fume* yang berlebih tidak akan dapat menutupi permukaan agregat (Kusumo, 2013).

METODOLOGI

Adapun jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angka. Dari hasil penelitian terhadap pengujian beton berongga yaitu pengujian kuat tekan beton diharapkan dapat mengetahui pengaruh terhadap penggunaan bahan tambah sika fume.

Prosedur dan Rancangan Penelitian

a. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

✓ **Analisis gradasi butiran agregat kasar**

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran butir yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Maka dari itu, hal tersebut memerlukan pemeriksaan gradasi agregat dalam pembuatan beton. Berdasarkan *SNI 03-1968-1990*.

✓ **Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar**

Kerikil mempunyai sifat-sifat tersendiri terhadap beratnya, yang tergantung pada kekasaran permukaan, bentuk butir maupun tingkat basahnya. Oleh karena itu, untuk kerikil dikenal berat jenisnya, berat satuan, maupun berat jenuh kering muka. Berdasarkan *SNI 03-1970-1990*.

✓ **Pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat kasar**

Berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi. Rongga udara dalam satuan volume agregat adalah ruang di antara butir-butir agregat yang tidak diisi oleh partikel yang padat. Berdasarkan *ASTM C29/29M-97/SNI 03-4804-1998*,

✓ **Pemeriksaan kandungan lumpur agregat kasar**

Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu adalah partikel berukuran antara 0,002 mm s/d 0,006 mm (2 s/d 6 mikron). Lumpur tidak diijinkan dalam jumlah banyak, untuk masing-masing agregat kadar lumpur yang diijinkan berbeda. Kadar lumpur agregat normal yang diijinkan SK SNI S-04-1989-F untuk agregat halus adalah maksimal 5% dan untuk agregat kasar maksimal 1%. Adanya lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan turunnya kekuatan beton yang bersangkutan. Berdasarkan *ASTM C117-95/SNI 03-4142-1996*,

✓ **Pemeriksaan kadar air pada agregat kasar**

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Berdasarkan *ASTM C556-97/SNI 03-1971-1990*,

✓ **Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles***

Ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan abrasi *Los Angeles* (*Abrasion Los Angeles Test*). Pengujian ini memberikan

gambaran yang berhubungan dengan kekerasan dan kekuatan kerikil, serta kemungkinan terjadinya pecah butir-butir kerikil selama penumpukan, pemindahan, maupun selama pengangkutan. Kekerasan kerikil berhubungan pula dengan kekuatan beton yang dibuat. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian ketahanan aus ini berupa prosentase antara berat bagian yang halus (lewat lubang ayakan 2 mm) setelah pengujian dan berat semula sebelum pengujian. Makin banyak yang aus makin kurang tahan keausannya. Berdasarkan *SNI 2417:2008*,

b. Tahapan pembuatan benda uji

- ✓ **Pemeriksaan material campuran beton;** Timbang material campuran beton, yaitu semen, agregat kasar (kerikil), material tambahan (*SIKA FUME*) dan air sesuai dengan berat yang telah ditentukan dalam rancangan campuran beton; Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.
- ✓ **Pencampuran beton;** Masukkan air kedalam mesin *mixer* sebanyak 80% dari yang telah ditentukan kemudian masukkan juga semen, agregat kasar (kerikil), material tambahan (*SIKA FUME*); Lalu nyalakan mesin *mixer* agar adonan tercampur merata; Masukkan sedikit demi sedikit sisa air yang tadi kedalam mesin yang berputar dengan tidak kurang dari 3 menit sampai airnya habis; Jika campuran sudah matang (tercampur merata), mesin *mixer* kemudian dimatikan dan campuran beton dituang ke wadah; Setiap variasi percobaan dilakukan pengadukan sebanyak 1 (satu) kali dan setiap pengadukan dilakukan pengujian nilai *slump*.
- ✓ **Pemeriksaan nilai *slump*;** Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak 1/3 bagian dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali; Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk, tunggu selama 30 detik kemudian angkat kerucut ke atas, nilai *slump* yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas beton setelah ditarik; Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali uji nilai *slump* kemudian dirata-ratakan hasilnya.
- ✓ **Pembuatan benda uji;** Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam; Cetakan diisi dengan campuran beton segar sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata dan cetakan penuh; Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan hingga rata dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

c. Tahapan perawatan beton

Setelah 24 jam beton dibuka dari cetakan, kemudian diberi tanda untuk selanjutnya dilakukan perendaman didalam bak air selama periode waktu yang telah ditentukan.

d. Tahapan pengujian

✓ **Kuat tekan beton;** Pengujian kuat tekan pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 3, 14 dan 28 hari; Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Benda uji diletakkan pada Universal Testing Machine.
- 3) Mesin Universal Testing Machine dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji
- 4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

e. Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel berbentuk silinder dengan kurang diameter 15 cm tinggi 30 cm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya presentase pori-pori beton terhadap volume beton padat. Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642 – 97.

$$P = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\%$$

Dimana : P = Porositas (%)

A = Massa benda uji direndam (gr)

B = Massa SSD benda uji (gr)

C = Massa kering oven benda uji (gr)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, Dari hasil pengujian material agregat kasar di atas untuk kadar lumpur 0.90%, keausan 16.81%, kadar air 1.32%, berat volume lepas 1.64 kg/liter, berat volume padat 1.79 kg/liter, absorpsi 2.19%, berat jenis nyata 2.65, berat jenis dasar kering 2.51, berat jenis kering permukaan 2.56, dan modulus kehalusan 7.23. Maka dari hasil pengujian tersebut didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat digunakan karna memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 2.
Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar berdasarkan SNI ASTM C136:2012

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.0%	0.80%	0.90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	17.2%	15%	16.1%	Memenuhi
3	Kadar air	0.5% - 2%	1.52%	1.11%	1.32%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1.6 – 1.9 kg/liter	1.48	1.79	1.64	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.6 – 1.9 kg/liter	1.71	1.86	1.79	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1.71%	2.67%	2.19%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1.6 – 3.3	2.65	2.65	2.65	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1.6 – 3.3	2.54	2.47	2.51	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1.6 – 3.3	2.58	2.54	2.56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6.0 – 8.0	7.19	7.30	7.23	Memenuhi

B. Mix Design

1. Data Material

- a. Kadar rongga udara : 15%
- b. Berat volume lepas agregat kasar : 1.639 kg/l
- c. Berat volume padat agregat kasar : 1.787 kg/l
- d. Berat jenis semen : 3 kg/m³
- e. FAS rencana : 0.35%
- f. Berat jenis (SSD) agregat kasar : 2.56 kg/m³
- g. Penyerapan agregat kasar : 2.19%

2. Perhitungan

- a. Jumlah agregat kasar yang digunakan

Tabel 3.
Jumlah Agregat Kasar yang Digunakan

Persen Agregat	b/bo	
	ASTM C33/C33M Size No.8	ASTM C33/C33M Size No.67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Berat volume lepas kerikil = b

Berat volume padat kerikil = bo

$$\frac{b}{bo} = \frac{1.639}{1.786} = 0.91\% \text{ agregat menurut tabel 4.2 di atas}$$

$$\text{berat agregat kasar} = \frac{b}{b/bo} = \frac{1.639}{0.91} = 1503,9 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, berat agregat kasar yang digunakan 1503,9 kg/m³

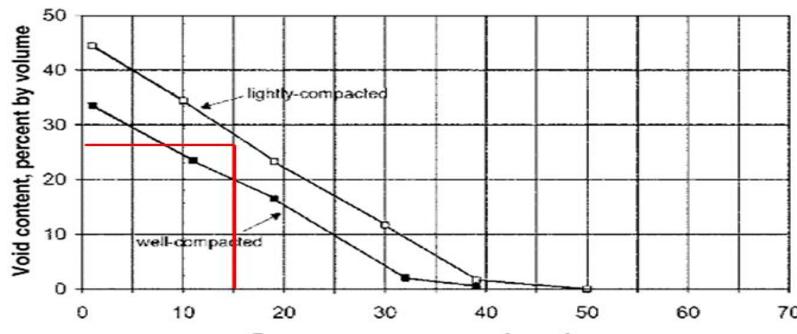
- b. Berat agregat dalam kondisi SSD

Penyerapan air agregat kasar = 2.19%

$$\begin{aligned} \text{Berat penyerapan air} &= \text{penyerapan air} \times \text{berat agregat kasar} \\ &= 2.19 \times 1503,9 \\ &= 32.92 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat SSD} &= \text{Berat penyerapan air} \times \text{berat agregat kasar} \\
 &= 32.92 \times 1503,9 \\
 &= 1536,82 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

c. Penentuan Volume pasta semen



Gambar 1. Grafik Penetuan Pasta Semen

Pada tabel penentuan pasta semen kita ketahui bahwa penelitian ini mengangkat kadar rongga pada beton sebanyak 15% sehingga, terlihat jelas pada grafik di atas ketika kadar rongga yang di rencanakan sebanyak 15% maka kadar pasta semen berada pada titik garis 28%. Jadi, dapat kita simpulkan bahwa volume semen dalam adukan 0.280 m^3 .

d. Penentuan berat semen

Faktor Air Semen Rencana = 0.35%

$$C = [(V_p/(3,15+fas)] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = [(0,23/(0,315+0,35)] \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 430,76 \text{ kg/m}^3$$

e. Penentuan Berat air

$$W_{\text{air}} = W_{\text{semen}} \times \text{FAS}$$

$$= 430,76 \times 0,35$$

$$= 150,77 \text{ kg/m}^3$$

f. Perkiraan Volume padat pada tiap 1m^3 beton

$$\text{Volume air} = 150,8 \text{ kg/m}^3$$

$$= 150,8 / 1000$$

$$= 0,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Padat semen} = 430,76 \text{ kg/m}^3$$

$$= 430,76 / 3 \times 1000$$

$$= 0,14 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolut agregat kasar} = 1503,9 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1503,9 / 2,56 \times 1000$$

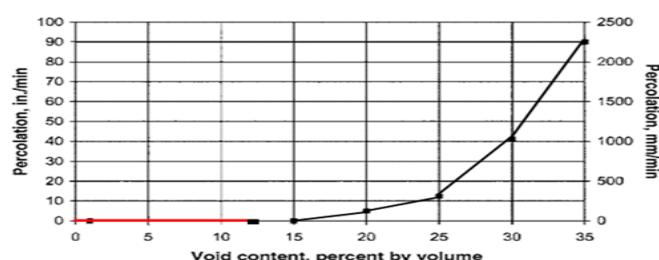
$$= 0,59 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah volume padat} &= V_{\text{air}} + V_{\text{padat Semen}} + V_{\text{agregat kasar}} \\
 &= 0,15 + 0,14 + 0,59 \\
 &= 0,88 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

g. Perkiraan Void tiap 1m³ beton

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Volume padat} &= 0,88 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume Void} &= 1 - 0,88 \\
 &= 0,12 \text{ m}^3 \\
 \text{Presentase Void} &= 0,12 / 1 \times 100\% \\
 &= 12\%
 \end{aligned}$$

h. Perkiraan Permeabilitas



Gambar 2. Grafik Persen Void atau Permeabilitas

$$\begin{aligned}
 \text{Persen void} &= 12 \% \\
 \text{Permeabilitas} &= 4 \times 0,423 \\
 &= 1.693 \text{ mm/s}
 \end{aligned}$$

i. Komposisi Mix Design

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= 1 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat Semen} &= 430,76 \text{ Kg} \\
 \text{Berat air} &= 150,77 \text{ Kg} \\
 \text{Berat Agregat Kasar} &= 1536,83 \text{ Kg} \\
 \text{Total Berat} &= 2118,37 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

j. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Beton Berongga

1) Perencanaan 3 Slinder beton berongga normal

Ukuran Slinder 15x30 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Semen} &= 7,88 \text{ Kg} \\
 \text{Berat air} &= 2,76 \text{ Kg} \\
 \text{Berat Agregat Kasar} &= 28,11 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

2) Perencanaan 3 Slinder beton berongga penambahan sikafume 2%

Ukuran Slinder 15x30 cm

Berat Semen	= 7,88 Kg
Berat air	= 2,76 Kg
Berat Agregat Kasar	= 28,11 Kg
Berat Sikafume	= 0,16 Kg

C. Nilai Slump Test

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4.
Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2023)

NO	Variasi Campuran (Normal + SF)	Waktu campur (s)	Slump rencana (mm)	Slump lapangan (mm)
1	Normal (0%)	± 90	75 – 100	80
2	2%			85

Berdasarkan Tabel 4. memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran *Sika Fume*. maka dapat disimpulkan bahwa beton yang telah dicampur dapat digunakan karena telah memenuhi *slump* rencana.

D. Kuat Tekan Beton

Setelah dilakukannya pembuatan, uji *slump*, dan perawatan benda uji silinder, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 3, 14 dan 28 hari sebanyak 24 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, yang terdiri dari 2 (dua) variasi campuran, yaitu beton normal, beton *Sika Fume* dengan variasi campuran 2%. Untuk setiap variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan dengan luas penampang rata-rata $17662,5 \text{ mm}^2$. Hasil pengujian didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan (F}_c\text{)} = \frac{\text{Beban yang bekerja (P)}}{\text{Luas penampang benda (A)}}$$

Contoh perhitungan :

$$\text{Diketahui : } P = 345 \text{ kN} = 345000 \text{ N}$$

$$A = 3,14 \times (7,5)^2 = 176,625 \text{ cm}^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

Ditanyakan : $F_c = ?$

Maka :

$$F_c = \frac{345000}{17662,5} = 19,53 \text{ Mpa}$$

Berikut adalah hasil pengujian nilai kuat kuat tekan beton :

1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 5.
Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton *porous* normal

No	Umur (hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat tekan f_c (Mpa)
1.	3	10.35	115	6.51
2.	3	10.41	119	6.73
3.	3	10.38	123	6.96
Rata-rata	3	10.38	119	6.74
1.	14	10.37	172	9.73
2.	14	10.32	176	9.96
3.	14	10.40	180	10.19
Rata-rata	14	10.36	176	9.97
1.	28	10.36	292	16.53
2.	28	10.47	299	16.92
3.	28	10.38	301	17.04
Rata-rata	28	10.40	297	16.83

Pada uji kuat tekan beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 3 hari sebesar 6,47 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 9,97 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 16,83 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 3-18 Mpa, dengan grafik sebagai berikut: Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton normal mengalami peningkatan dari beton berumur 3 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 3,5 Mpa dan untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,86 Mpa.



Gambar 3. Grafik pengujian kuat tekan beton berongga normal

2. Beton Berongga Variasi 2% Sika Fume

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Sika Fume variasi 2% dilakukan pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. kuat tekan rata-rata yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 6.
Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton Sika Fume variasi 2%

No	Umur (hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat tekan f_c (Mpa)
1.	3	10.53	125	7.07
2.	3	10.55	128	7.24
3.	3	10.56	133	7.53
Rata-rata	3	10.55	128.6	7.28
1.	14	10.51	186	10.53
2.	14	10.59	190	10.75

3.	14	10.57	197	11.15
Rata-rata	14	10,56	191	10.81
1.	28	10.61	298	16.87
2.	28	10.59	309	17.49
3.	28	10.59	316	17.89
Rata-rata	28	10,60	307.6	17.42

Pada uji kuat tekan beton untuk beton Sika Fume variasi 2% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata pada beton berumur 3 hari sebesar 7,28 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 10,81 Mpa, dan untuk umur 28 hari sebesar 17,42 Mpa, mencapai kuat tekan yang telah direncanakan yaitu f_c 3-18 Mpa, dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik pengujian kuat tekan beton Sika Fume variasi 2%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton Sika Fume variasi 2% mengalami peningkatan dari beton berumur 3 hari ke beton berumur 14 hari sebesar 3,53 Mpa, dan untuk beton yang berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,61 Mpa.

Grafik di atas menjelaskan bahwa nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 3 hari adalah beton berongga 2% Sikafume sebesar 7,28 Mpa, pada umur 14 hari adalah beton Sika Fume variasi 2% sebesar 10,81 Mpa, dan pada umur 28 hari adalah beton Sika Fume variasi 2% sebesar 17,42 Mpa. Grafik diatas juga menjelaskan bahwa semakin lama waktu beton maka kuat tekan pada beton semakin tinggi. Dan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada umur 28 hari, yakni beton Sika Fume variasi 2% sebesar 17,42 Mpa.



Gambar 5. Grafik rekapitulasi kuat tekan beton berongga dengan bahan tambah Sikafume.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Kuat tekan karakteristik beton (f'_c) optimum dicapai pada beton umur 28 hari dengan penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen, dimana kuat tekannya meningkat sebesar 0,74% terhadap beton normal.

2. Beton Porous usia 28 hari dengan penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 2,24% terhadap kuat tarik belah beton normal.
3. Balok usia 28 hari dengan uji kuat lentur beton optimum dicapai pada penambahan Sika Fume variasi 2% dari berat semen, dimana kuat lenturnya meningkat sebesar 0,27% terhadap beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Kushendrahayu, K., Basuki, A., & Purwanto, E. (2015). Nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton beragregat kasar PET dengan penambahan silica fume dan serat baja sebagai bahan panel dinding. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 688-694.
- Mulyono, T. (2015). *Teknologi beton: Dari teori ke praktek*. Universitas Negeri Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan.
- Nursandah, A., Utomo, S., & Hutama, D. A. (2018). Pengaruh penambahan bahan admixture Consol SG terhadap kuat tekan beton. *Agregat*, 3(1), 175-181.
- Pratama, D., Astuti, R. F., Rochadi, M. T., & Kusdiyono. (2018). Kajian eksperimen pengaruh penambahan silica fume terhadap adhesif untuk perbaikan keramik dinding. *Wahana Teknik Sipil*, 23(1), 1-10.
- Pratama, E., & Hisyam, E. S. (2016). Kajian kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas (Papercrete) dengan bahan tambah serat nylon. *Jurnal Fropil*, 4(1), 28-38.
- Rahmat, Hendriyani, I., & Anwar, M. S. (2016). Analisis kuat tekan beton dengan bahan tambah reduced water dan accelerated admixture. *Info Teknik*, 17(2), 205-218.
- Rahady, M. A., & Teguh, M. (2017). Pengaruh penambahan silica fume dan superplasticizer pada self compacting concrete (SCC). Prosiding Kolokium.
- Simatupang, P. H., Nasjono, J. K., & Mite, K. G. (2017). Pengaruh penambahan silica fume terhadap kuat tekan reactive powder concrete. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 219-230.
- SNI 03-2834-2000. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI-2417:2008. (2008). Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2816-1992. (1992). Metode pengujian kotoran organik dalam pasir campuran mortar atau beton. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990. (1990). Metode pengujian kadar air agregat. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4142-1996. (1996). Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998. (1998). Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat. Badan Standardisasi Nasional.

- SNI 03-1970-1990. (1990). Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1990. (1990). Metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6827-2002. (2002). Metode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat Vicat untuk pekerjaan sipil. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6826-2002. (2002). Metode pengujian konsistensi normal semen portland dengan alat Vicat untuk pekerjaan sipil. Badan Standardisasi Nasional.
- Tjokrodimuljo, K., & Kardiyyono. (2007). Teknologi beton. Yogyakarta: KMTS FT UGM.
- Wicaksono, W. S., Wibowo, & Safitri, E. (2018). Pengaruh kadar silica fume terhadap kuat tekan pada high strength self compacting concrete (HSSCC) benda uji silinder D 7,5 cm x 15 cm usia 14 dan hari. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 638-645.
- Zamroni, Susanti, E., & Kamarul, D. (2020). Pengaruh penggunaan zat aditif tipe C pada kekuatan tekan beton. Jurnal Teknik Sipil, 1(1), 1-10.