

# PENGARUH SILICA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADDITIVE TIPE G (ASTM-C494)

Arga Fadhlillah<sup>1</sup>, Muhammad Ryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sangga Buana

<sup>1,2</sup>Prodi Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana

<sup>1</sup>korespondensi : iargaaf@gmail.com

## ABSTRAK

*The purpose of this study was to obtain the compressive strength of high quality concrete and the effect of the mineral Silica Fume and the addition of Superplasticizer to increase workability on the mechanical performance of concrete. Superplasticizer mixture used was 0.90% for all specimens, the first BN specimen was using 100% cement without substitution. The second specimen was BSF 1.5% with a substitution of silica fume 1.5% by weight of cement. The third test results BSF 3% with 3% substitution of silica fume to the weight of cement, specimens in the form of Cylinders (Diameter 15cm x 30cm) 9 specimens, the planned quality of concrete is 40 MPa at the age of 28 days. by first doing the treatment by soaking in a water bath before testing the compressive strength.*

*From the results of the BN testers, it was found that the compressive strength value was 46.40 MPa, BSF 1.5% found a compressive strength value of 52.63 MPa, and BSF 3% found a compressive strength value of 65.08 MPa. From the research results there was an increase from BN to BSF 1.5% by 3.27% while from BSF 1.5% to BSF 3% 8.10%*

## ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan beton mutu tinggi dan mengetahui pengaruh mineral Silica Fume dan penambahan Superplasticizer meningkatkan workability terhadap kinerja mekanis beton. Campuran Superplasticizer yang digunakan adalah 0,90% untuk semua specimen, benda uji pertama BN dengan penggunaan 100% semen tanpa substitusi. Benda uji kedua BSF 1,5% dengan substitusi silica fume 1,5% terhadap berat semen. Benda uji ketiga BSF 3% dengan substitusi silica fume 3% terhadap berat semen, Benda uji berupa Silinder (Diameter 15cm x 30cm) 9 specimen, mutu beton yang direncanakan 40 MPa pada umur 28 hari. dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan dengan metode perendaman didalam bak air sebelum pengujian kuat tekan.*

*Dari hasil pengujian BN didapati nilai kuat tekan sebesar 46,40 MPa, BSF 1.5% didapati nilai kuat tekan sebesar 52,63 MPa, dan BSF 3% didapati nilai kuat tekan sebesar 65,08 MPa. Dari hasil penelitian terjadi kenaikan dari BN ke BSF 1.5% sebesar 3,27% sedangkan dari BSF 1,5% ke BSF 3% 8,10%*

*Keywords: Beton Mutu Tinggi, Superplasticizer, Silica Fume, Kuat Tekan*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton merupakan material campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dicampur dengan air dan semen sebagai bahan pengikat dan pengisi antara agregat kasar & agregat halus dan kadang-kadang ditambahkan additive atau admixture bila diperlukan [1].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Material Beton

1. Air  
Merupakan material yang dapat bereaksi terhadap semen.
2. Semen Portland (PC)  
Merupakan material pengikat yang akan di tambahkan kepada semen yang

- menjadi pasta .
3. Agregat Halus (Pasir)  
Agregat adalah bahan mineral yang terbentuk secara alamiah .
  4. Agregat Kasar (Kerikil)  
Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil
  5. Bahan Tambahan (Admixture)
  6. Superplasticizer (SikaViscocrete 8088)  
Sika ViscoCrete-8088 adalah superplasticizer serba guna yang unik

dan sangat cocok untuk produksi beton yang membutuhkan kekuatan awal tinggi dengan mempercepat proses pengerjaan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan dari proses penelitian dan metode penelitian yang digunakan untuk mendapatkan DMF dapat dilihat dalam gambar berikut ini:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian yang diperoleh hasil berupa nilai kuat tekan.

**1. Rencana Campuran Beton**

Beton yang akan diuji memiliki kekuatan tekan sebesar 40 Mpa. Perancangan beton 40 Mpa menggunakan metode American Concrete Institute (ACI).

**Tabel 1. Rencana Jumlah Sampel Beton**

No	Kode Benda Uji	PC	Silica Fume	Superplasticizer	Jumlah Sampel
1	BN	100%	-	0.90%	3
2	BSF 1.5%	98.5%	1.5%	0.90%	3
3	BSF 3%	97%	3%	0.90%	3

**2. Hasil Pengujian Material Beton**

Berdasarkan hasil pengujian bahan yang dilakukan terhadap material campuran beton di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP, diperoleh data sebagai berikut:

**a. Agregat Kasar Batu Pecah/Split**

Analisa saringan didapat nilai specific surface sebesar 0.90 ini merupakan hasil rongga yang dimiliki oleh Agregat kasar . engujian berat isi didapat nilai berat isi padat 1.620 gr/cm<sup>3</sup>, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar antara 1,20-1,75 gr/cm<sup>3</sup>

**b. Agregat Halus Pasir**

Analisa saringan didapat nilai modulus kehalusan 2.951, agregat halus tersebut memenuhi syarat nilai modulus kehalusan yang berkisar antara 1.5 sampai 3.8. Pengujian berat isi didapat nilai berat isi padat 1.44 gr/cm<sup>3</sup>, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar normal berkisar antara 1.20 – 1.75 gr/cm<sup>3</sup>.

**3. Semen Tipe I**

Berat jenis (*specific gravity*)= 3,15 kg/m<sup>3</sup>

**3) Perhitungan**

Hitung Kuat Tekan Rata-rata Beton,

$$f'_{cr} = m + f_c \dots\dots\dots (1)$$

**Tabel 2. Nilai Standar Deviasi Menurut ACI**

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (Mpa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m3)	4,5 < sd <5,5	5,5 < sd <6,5	6,5 < sd <8,5
Sedang (1000-3000 m3)	3,5 < sd <4,5	4,5 < sd <5,5	5,5 < sd <7,5
Besar (>3000 m3)	2,5 <sd <3,5	3,5 < sd <4,5	4,5 <sd <6,5

Sumber : Tri Mulyono (2003 : 161)

Tabel 3. Mutu Beton

Mutu Beton K (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Beton Fc (Mpa)
K-100	fc 8.3 Mpa
K-150	fc 12.35 Mpa
K-175	fc 14.53 Mpa
K-200	fc 16.60 Mpa
K-225	fc 18.68 Mpa
K-250	fc 20.75 Mpa
K-275	fc 22.83 Mpa
K-300	fc 24.90 Mpa
K-325	fc 26.97 Mpa
K-350	fc 29.05 Mpa
K-400	fc 33.20 Mpa
K-450	fc 37.35 Mpa
K-500	fc 41.50 Mpa

Sumber : Tri Mulyono

Tabel 4. Slump yang Disyaratkan untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Dinding penahan dan Pondasi	75	25
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	75	25
Balok dan Dinding Beton	100	25
Kolom Struktural	100	25
Perkerasan dan Slab	75	25
Beton massal	75	25

Sumber : Tri Mulyono (2003 : 161) &amp; ACI 211.1-91

Tabel 5. Nominal Maximum Size of Aggregate Recommended for Various Type of Construction

Features	Nominal maximum size, in. (mm)
Sections over $7\frac{1}{2}$ in. (190 mm) wide. And in which the clear distance between reinforcement bars is at least $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm).	$1\frac{1}{2}$ (37.5)
Unreinforced section over 12 in. (300 mm) wide, in which the clear distance between reinforcement bars is over 6 in ( 150 mm) and under 10 in (250 mm).	3 (75)
Massive sections in which the clear distance between reinforcement bars is at least 10 in. (250 mm) and for which suitable provision is made for placing concrete containing the larger sizes of aggregate without producing rock packets or other undesirable conditions.	6 (150)

- Air pencampuran : 193 kg/m<sup>3</sup>
- Perkiraan udara terperangkap : 1%

Penetapan jumlah air Hasil slump, dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 6. Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum**

Slump (mm)	Air (lt/m <sup>3</sup> )							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
25,4 s/d 50	207	199	190	179	166	154	130	114
75 s/d 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 s/d 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Mendekati jumlah kandungan udara dalam beton air-entrained (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25,4 s/d 50,8	181	175	168	160	150	142	122	107
76,2 s/d 127	202	193	184	175	165	157	133	119
152,4 s/d 177,8	216	205	197	184	174	166	154	-
Kandungan udara total rata-rata yang disetujui (%)								
Diekspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose menengah	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Sangat diekspose	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Sumber : ACI 211.1-91 Tabel A1.5.3.3

- Kuat tekan karakteristik (fc') : 40
- Standar deviasi : 6,5 Mpa
- Kuat tekan rata-rata : 40 Mpa + 1.64X6,5 Mpa : 50.66 Mpa

Tetapkan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan Tabel 6

**Tabel 7. Hubungan antara Rasio Semen Air dan Kuat Tekan Beton (SI)**

Kekuatan Tekan 28 hari (Mpa)	FAS	
	Beton Non Air - entrained	Beton Air Entrained
50	0,36	-
40	0,41	-
35	0,48	0,39
30	0,57	0,45
25	0,68	0,52
20	0,62	0,60
15	0,79	0,70

Sumber : ACI 211.1-91 Table A1.5.3.4(a)

Jumlah semen yang diperlukan dari langkah tersebut , dengan cara jumlah air dibagi FAS.

W/C 192 536.11 536 Kg  
0.36

**Tabel 8. Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton Metode ACI**

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering persatuan volume untuk berbagai modulus halus butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : ACI 211.1.91 Table A1.5.3.6

- a. Jika nilai modulus halus butirnya berada diantaranya, maka dilakukan interpolasi. Berdasarkan Tabel 7

*MHB* = 2,95

*Ukuran Maksimum Agregat* = 25 mm

*Didapat nilai* = 0.70

*Berat kering agregat kasar* = 1426 Kg/m<sup>3</sup>

- b. Volume agregat kasar = Persen agregat kasar x berat kering agregat kasar

*Berat Agregat Kasar* = 0.70 x 1426 kg/

= 998 kg/m<sup>3</sup>

**Tabel 9. Berat Beton Segar**

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Beton Non Air Entrained	Beton Air Entrained
9,5	2,280	2,200
12,5	2,310	2,230
19	2,345	2,275
25	2,380	2,290
37,5	2,410	2,350
50	2,445	2,345

- berdasarkan ukuran maksimum agregat untuk kondisi non air entrained diperoleh :
- Total berat beton : 2380 kg

**Hitunglah Agregat Halus**

Agregat halus dapat dihitung dengan 2 cara yaitu :

1. Berat Agregat Halus Berdasarkan Massa :

*Berat Beton Segar* – (*Berat Air* + *Berat Semen* + *Berat Agregat Kasar*)

- Berdasarkan massa.

Air : 193 kg (Dari Langkah..... 3)

Semen : 536 kg(Dari Langkah..... 5)

kerikil : 998 kg (Dari Langkah..... 6)

Total : 1727 kg

pasir: 2380 – 1727 kg= 653 kg

2. Berat pasir Berdasarkan Volume Absolut :

- Jumlah Air = Massa Air / 1000
- Jumlah Padat = Massa Semen / (BJ Semen\*1000)
- Jumlah Agregat Kasar = Massa Agregat Kasar / (BJ Agregat Kasar\*1000)
- Jumlah Udara Terperangkap = 0.02 x 1

- Jumlah air :193/1000 = 0.193 L
- Jumlah semen padat :536/(3.15x1000) = 0.170 m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat kasar : 998/(2.59x1000) = 0.385 m<sup>3</sup>
- Jumlah udara terperangkap : 0.02x1 = 0.02 m<sup>3</sup>
- Total : 0.768 m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat halus :1-0.768 = 0.232 m<sup>3</sup>
- Massa agregat halus :0.232x2.52x100 = 585 kg

**Hitung Proporsi Bahan**

**Tabel 10. Hasil Perhitungan Beton 1m<sup>3</sup>**

Material	Berdasarkan massa (kg)
Air (net mixing)	193
Semen	536
Agregat kasar (kering)	998
Agregat halus (kering)	653
Total	2380

**Tabel 11. perbandingan hasil perhitungan beton 1m<sup>3</sup>(trial batch)**

Material	Berdasarkan massa terkoreksi situasional dilapangan (Trial Batch)	Berdasarkan volume absolut (kg)	Berdasarkan massa (kg)
Air (net mixing)	201	193	193
Semen	558	536	536
Agregat kasar (kering)	1018	998	998
Agregat halus (kering)	608	585	653
Total	2385	2318	2380

Volume silinder

Rumus:

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \cdot r^2 \cdot T \\
 &= 3,14 \times 0,0752 \times 0,3 \\
 &= 0,005299 \\
 &= 0.0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dibutuhkan beton berbentuk silinder =				3	silinder beton
Diameter (d) =				0.15	m
Tinggi (h) =				0.3	m
Volume 1 silinder =				0.005301	m <sup>2</sup>
Volume total silinder =				0.015904	m <sup>2</sup>
agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder					
sebesar =				10	%
Volume tambahan =				0.00159	m <sup>2</sup>
Vol. total = Vol. total silinder+Vol. Tambaha =				0.017495	m <sup>2</sup>
<b>Kebutuhan bahan untuk</b>				3	silinder beton
W semen =				9.762067	kg
W pasir =				10.6368	kg
W kerikil =				17.80965	kg
W air =				3.516444	lt
3 silinder beton silicafume 1,5%					
W silicafume =				0.98	kg
W Semen =				8.79	kg
W pasir =				10.6368	kg
W kerikil =				17.80965	kg
W air =				3.516444	lt
3 silinder beton silicafume 3%					
W silica fume =				1.46	kg
W Semen =				8.30	kg
W pasir =				10.6368	kg
W kerikil =				17.80965	kg
W air =				3.516444	lt

### Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari & 28 Hari

Tabel 12. Hasil kuat tekan beton

No	Identifikasi benda uji	Umur (Hari)	Slump	Luas Bidang (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	f'c (N/mm <sup>2</sup> ) (Mpa)
1	BN	7	10	17,671	690,000	<b>39.05</b>
2	BSF 1,5%	7	8.0	17,671	790,000	<b>44.71</b>
3	BSF 3%	7	8.0	17,671	795,000	<b>44.99</b>

Untuk menghitung kuat tekan beton dari hasil pembebanan benda uji, bisa digunakan rumus Kuat tekan adalah Beban kuat tekan dibagi Luas penampang benda uji (Kuat tekan = P/A) [2].

Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton pada umur 7 hari:

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2$$

$$= 1/4\pi \times 150^2 \text{ mm} = 17.671 \text{ mm}^2$$



**Beton normal mutu tinggi**

Substitusi semen SilicaFume 1,5% = 790 KN =  
790 X 1000 = 790000 N

Maka kuat tekan = 790000 N / 17.671 =  
44.71N/mm<sup>2</sup>F’c = 44.71 Mpa

Beban tekan Benda Uji perbandingan

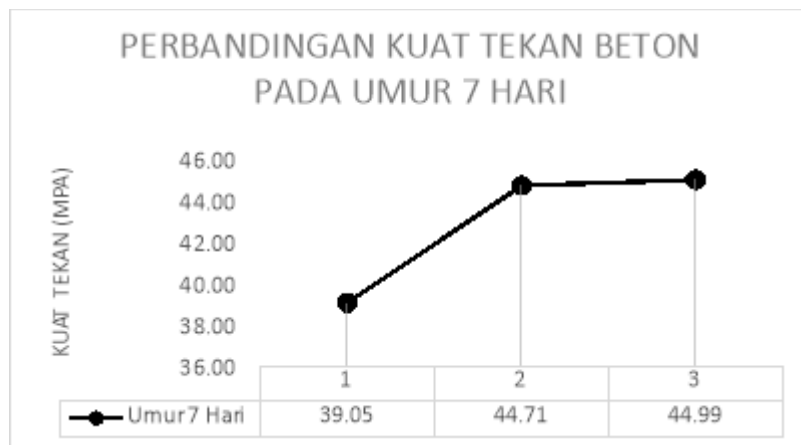
**Beton normal mutu tinggi**

Substitusi Semen SilicaFume 3% = 795 KN=  
795 X 1000 = 795000 N

Maka kuat tekan = 795000 N / 17.671 = 44.99  
N/mm<sup>2</sup> F’c= 44.99 MPa

**Tabel 13. Hasil Uji**

Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	f’c (N/mm <sup>2</sup> ) (Mpa)
BN	17-12-2019	24-12-2019	7 hari	17.671	690,000	<b>39.05</b>
BSF 1,5%	17-12-2019	24-12-2019	7 hari	17.671	790,000	<b>44.71</b>
BSF 3%	17-12-2019	24-12-2019	7 hari	17.671	795,000	<b>44.99</b>



**Gambar 1. Perbandingan kuat tekan beton**

**Tabel 14. Hasil Uji**

No.	Benda Uji	Berat Benda Uji (Kg)	Jenis beton berdasarkan M/V	Keterangan
1	BN	12.3	2,491	Campuran beton dengan metode ACI
2	BSF 1,5%	12.6	2,378	Campuran beton dengan metode ACI
3	BSF 3%	12.4	2,340	Campuran beton dengan metode ACI



Gambar 2. Berat Beton Umur 28 Hari

Untuk menghitung kuat tekan beton dari hasil pembebanan benda uji, bisa digunakan rumus Kuat tekan adalah kuat tekan dibagi Luas penampang benda uji (Kuat tekan =  $P/A$ ) [2]. Langkah pertama adalah menghitung luas penampang benda uji dengan menggunakan rumus :

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2 \times t$$

Maka luas penampang untuk beton Silinder dengan panjang sisi 30 cm adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= 1/4\pi d^2 \times t \\ &= 1/4\pi \times 15^2 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 176,71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Nilai  $f'_{ck}$  adalah besar kuat tekan benda Uji Silinder dimana beban tekan dibagi dengan luas bidang tekan. Sedangkan nilai  $f'_c$  adalah besar kuat tekan benda uji silinder yang didapat dari konversi benda Uji Silinder. Adapun cara konversi tersebut, yaitu :

$$f'_c = P/A$$

$$f'_c = N/\text{cm}^2$$

Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton pada umur 28 hari:

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2 = 1/4\pi \times$$

$$150^2 \text{ mm} = 17.671 \text{ mm}^2$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

**Beton Normal Mutu Tinggi**

$$= 820 \text{ KN}$$

$$= 820 \times 1000$$

$$= 820000 \text{ N}$$

Maka, kuat tekan

$$= 820000 \text{ N} / 17.671$$

$$= 46.40 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_c = 46.40 \text{ Mpa}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

**Beton Normal Mutu Tinggi**

Substitusi semen SilicaFume 1,5%

$$= 630 \text{ KN}$$

$$= 630 \times 1000$$

$$= 630000 \text{ N}$$

Maka, kuat tekan

$$= 630000 \text{ N} / 17.671$$

$$= 52.63 \text{ N/mm}^2$$

$F'c = 52.63 \text{ Mpa}$

$= 1150 \times 1000 = 1150000 \text{ N}$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Maka, kuat tekan

$= 1150000 \text{ N} / 17.671$

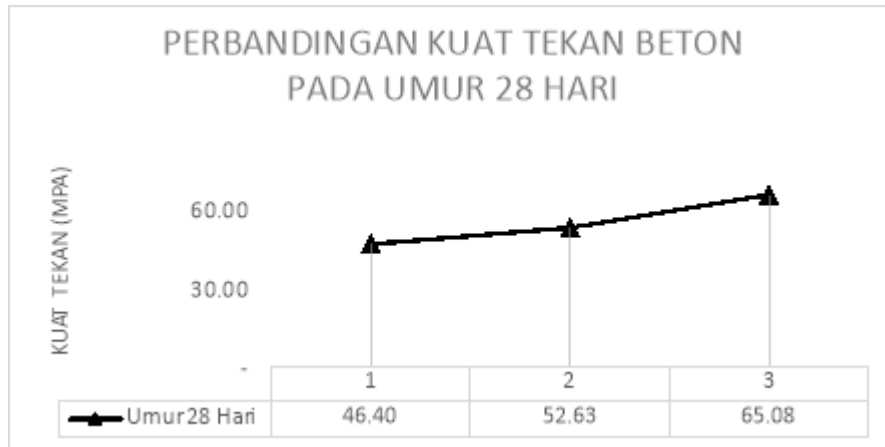
**Beton Normal Mutu Tinggi**

$= 65,08 \text{ N/mm}^2$

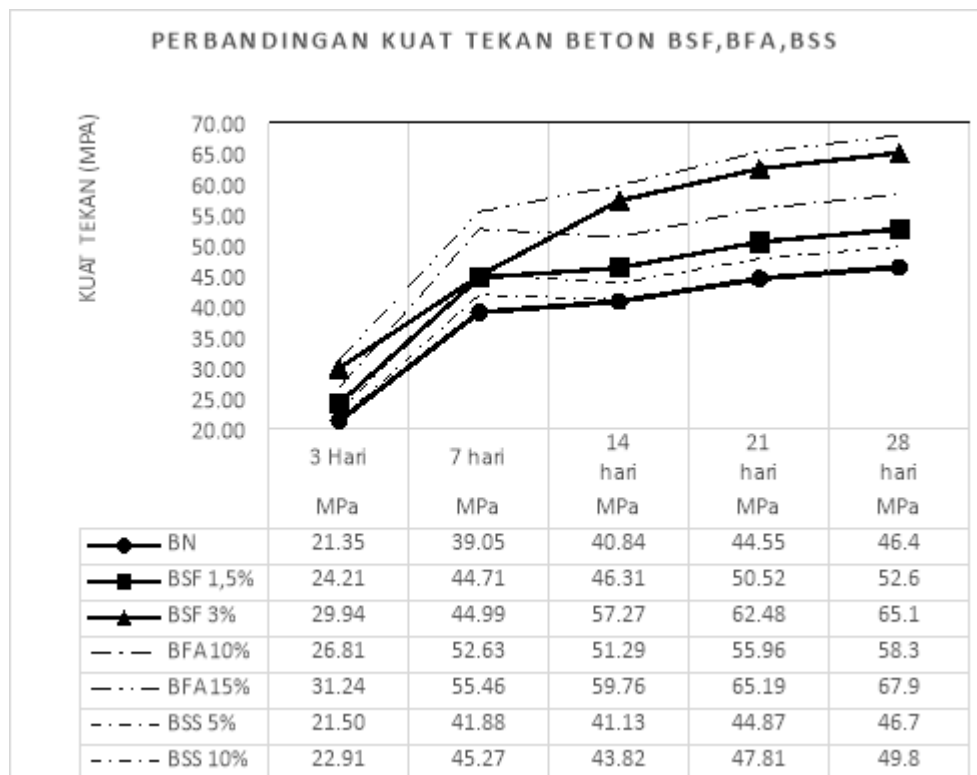
Substitusi Semen SilicaFume 3%

$= 1150 \text{ KN}$

$F'c = 65.08 \text{ Mpa}$



Gambar 3. Perbandingan Kuat Tekan Beton



Gambar 4. Perbandingan kuat tekan beton BSF, BFA, BSS

Grafik menunjukkan bahwa campuran beton mutu tinggi dengan penambahan substitusi semen dengan menambahkan silica fume menunjukkan workability yang baik dan dari analisa grafik kenaikan kuat tekan BSF 3% memiliki kuat tekan yang baik cenderung stabil dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan [3]. Serta hasil analisis perbandingan kuat tekan beton dari kelompok beton mineral yang memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 67,9Mpa dengan penambahan Abu Terbang (FlyAsh) BFA 15% dari portland Cement yang dibutuhkan. Sedangkan yang terendah yaitu beton dengan substitusi semen Steel Slag BSS 5% dengan kuat tekan sebesar 46,7 Mpa.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Beton dengan campuran Silica Fume sebanyak 1,5% dari semen dan 0,90% campuran SikaViscocrete (Additive) setelah dilakukan uji kuat tekan memiliki nilai kuat

tekan yang tinggi yaitu 44,71 MPa. Pada usia 7 hari dan umur 28 hari menjadi 52,63 Mpa.

2. Beton dengan campuran Silica Fume sebanyak 3% dari semen dan 0,90% campuran SikaViscocrete (Additive) setelah dilakukan uji kuat tekan memiliki nilai kuat tekan yang tinggi yaitu 44,99 MPa. Pada usia 7 hari dan umur 28 hari menjadi 65,08 Mpa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ryanto, Muhammad. 2014. Teknologi Bahan Beton. Perencanaan Campuran Beton. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP . Bandung : 2014
- [2] Departemen Pekerjaan Umum. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. *SNI 1974 : 2011*. Badan Standarisasi Nasional., Jakarta : 2011.
- [3] Ziaulhaq, Aulia. 2012. Teknologi Bahan I. Program SP-4 Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Jakarta.