

## PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME* DAN *FILLER* PASIR KWARSA

Marsianus Danasi<sup>1</sup> dan Ade Lisantono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl.Babarsari 44, Yogyakarta

E-mail: marsianus.tyson.danasi@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl.Babarsari 44, Yogyakarta

E-mail: adelisantono@mail.uajy.ac.id

### ABSTRAK

Pembangunan gedung-gedung bertingkat saat ini menuntut kualitas bahan yang baik. Saat ini beton merupakan bahan yang banyak digunakan untuk membuat gedung-gedung bertingkat. Dengan demikian untuk memenuhi pembangunan gedung bertingkat akan dituntut beton bermutu tinggi. *Fly ash* dan *silica fume* merupakan bahan pozzolan yang banyak dipakai pada beton mutu tinggi, sedangkan pasir kwarsa oleh karena ukuran partikelnya sangat kecil maka diharapkan dapat mengisi rongga-rongga didalam beton. Pada penelitian ini akan dilakukan studi pengaruh *fly ash* dan *silica fume* pada beton mutu tinggi dengan pasir kwarsa sebagai *filler*. Kadar *silica fume* dan pasir kwarsa yang ditambahkan dibuat konstan sebanyak 10% dari berat semen dan kadar *superplasticizer* yang ditambahkan sebesar 2% dari berat semen. Sedangkan *fly ash* yang digunakan bervariasi yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sedangkan pengujian modulus elastisitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *fly ash* kuat tekan rerata beton mutu tinggi pada umur 28 hari dengan variasi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% berturut-turut adalah 37,69 MPa, 75,06 MPa, 64,30 MPa, 60,92 MPa, 58,32 MPa, dan 66,11 MPa. Kuat tekan beton maksimum terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 5% yang dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 99,15% dari beton tanpa *fly ash*. Sedangkan nilai modulus elastisitas rerata beton mutu tinggi pada umur 28 hari dengan variasi *fly ash* yang sama berturut-turut adalah 32.059,9294 MPa, 36.204,1322 MPa, 35.510,8152 MPa, 34.969,4492 MPa, 33.276,9639 MPa, dan 36.893,6286 MPa. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 25% yang dapat meningkatkan modulus elastisitas beton sebesar 15,08% dari beton tanpa *fly ash*.

Kata kunci: Beton mutu tinggi; *fly ash*; *silica fume*; pasir kwarsa; kuat tekan; modulus elastisitas.

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia terjadi begitu cepat, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan teknologi konstruksi mulai dari bahan konstruksi hingga teknologi yang digunakan dalam konstruksi itu sendiri. Perkembangan dari bahan konstruksi tersebut dapat dilihat dari banyaknya jenis bahan-bahan tambah yang digunakan sebagai bahan tambah dalam adukan beton normal. Bahan-bahan yang ditambahkan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas beton menjadi lebih baik.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air. Kekuatan beton yang dapat dicapai dengan campuran beton biasa pada umumnya berkisar antara 20-40 MPa, yang biasa disebut sebagai beton normal. Beton pada umumnya yang digunakan dalam proyek konstruksi adalah beton normal dengan kuat tekan antara 20-40 MPa. Namun seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan infrastruktur yang lebih baik, maka beton dengan kualitas tinggi sangat dibutuhkan, misalnya untuk bangunan-bangunan tinggi dan jembatan berbentuk panjang. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang dikategorikan beton berkekuatan tinggi adalah beton dengan kekuatan tekan yang disyaratkan adalah ( $f'c$ ) 40 MPa sampai dengan 80 MPa, berdasarkan benda uji standar berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meninjau pengaruh bahan tambah terhadap peningkatan mutu beton. Salah satu bahan tambah yang sering digunakan dalam campuran adukan beton adalah *fly ash*. Damayanti dan

Rochman (2006) melakukan penelitian dengan menambahkan *microsilica* dan *fly ash* dalam campuran beton. Penelitian ini menghasilkan kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 69,736 MPa dengan perbandingan kadar *microsilica* 10% dan *fly ash* 0%, dengan menggunakan fas 0,3. Pujiyanto (2010) dengan menggunakan bahan tambah *superplasticizer* dan *fly ash* menghasilkan kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari sebesar 57,11 MPa dengan kadar *superplasticizer* yang digunakan sebesar 2% dan *fly ash* 12% dengan fas 0,3. Sebayang (2006) dengan menggunakan bahan tambah *fly ash* sebagai substitusi sejumlah semen tipe V, kuat tekan maksimum didapatkan pada saat beton berumur 56 hari dengan kuat tekan maksimum 55,275 MPa dengan kadar *fly ash* 20%. Kemudian Sebayang (2011) kembali meneliti penggunaan *silica fume* sebagai bahan tambah pada beton alir mutu tinggi. Hasil penelitiannya diperoleh kuat tekan maksimum sebesar 51,35 MPa pada umur 56 hari dengan kadar *silica fume* sebesar 9%. Nugraheni (2011) pada beton mutu tinggi dengan serat baja dan *filler* nanomaterial berupa pasir kuarsa menghasilkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari sebesar 71,06 MPa dengan kadar *filler* nanomaterial 10%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dengan hasil yang berbeda-beda untuk masing-masing penelitian. Oleh karena adanya perbedaan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian kembali tentang pengaruh penambahan *fly ash* pada kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton mutu tinggi dengan menambahkan bahan-bahan tambah lain berupa *silica fume*, *superplasticizer*, dan *filler* pasir kuarsa yang telah ditentukan kadarnya berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk memastikan nilai kadar *fly ash* yang optimum pada campuran adukan beton mutu tinggi.

## 2. PROGRAM EKSPERIMENTAL

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Tahap persiapan, pada tahap ini peralatan yang akan digunakan untuk penelitian mulai dipersiapkan agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar. Pada tahap ini pula bahan-bahan yang akan digunakan mulai dipersiapkan, persiapan hanya sebatas mencari informasi mengenai spesifikasi dan ketersediaan bahan yang dibutuhkan.
2. Tahap perhitungan *mix design*, tahapan ini dilakukan lebih dahulu dikarenakan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini tidak seluruhnya tersedia di daerah penelitian, sehingga perlu dipesan terlebih dahulu. Oleh karena itu, perhitungan *mix design* ini berguna untuk mengetahui jumlah kebutuhan bahan yang akan dipesan.
3. Tahap pemeriksaan bahan, pada tahapan ini beberapa bahan akan dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu sebelum benda uji dibuat. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui bahan yang akan digunakan memenuhi persyaratan sebagai bahan campur adukan beton atau tidak. Pemeriksaan yang dilakukan sebagai berikut :
  - a. Pemeriksaan agregat halus (pasir), meliputi :
    - Kandungan lumpur
    - Kandungan zat organik
    - Gradasi
    - Berat jenis dan penyerapan
    - Kadar air
  - b. Pemeriksaan agregat kasar (batu pecah/*split*), meliputi :
    - Kandungan Lumpur
    - Keausan dengan mesin Los Angeles
    - Gradasi
    - Berat jenis dan penyerapan
    - Kadar air
  - c. Pemeriksaan *fly ash*, pemeriksaan *fly ash* meliputi kandungan kimiawi yang terdapat dalam *fly ash*.
4. Tahap pembuatan dan perawatan benda uji silinder, pada tahap ini pekerjaan yang dilaksanakan yaitu :
  - pembuatan campuran adukan beton berdasarkan *mix design*.
  - pengecoran ke dalam cetakan silinder beton.
  - pelepasan cetakan silinder beton.
  - perawatan benda uji dengan cara direndam.
5. Tahap pengujian benda uji silinder, sebelum pengujian dilaksanakan, benda uji dikeluarkan dari rendaman air minimal satu hari sebelumnya agar benda uji dalam keadaan kering saat diuji. Waktu pengujian yaitu 7, 14, dan 28 hari. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY).
6. Tahap analisis data, pada tahap ini data-data hasil pengujian diolah untuk mendapatkan kesimpulan hubungan dari variabel-variabel yang diteliti.
7. Tahap kesimpulan, pada tahap ini dapat ditarik beberapa kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan dengan dikaitkan pada tujuan awal penelitian yang dilakukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pemeriksaan agregat halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Krasak. Pasir dari Sungai Krasak terkenal baik untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam adukan beton. Pemeriksaan agregat halus dilakukan langsung di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UAJY. Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil	Standar	Kesimpulan
Kandungan Organik	Kuning muda dan cenderung jernih	Kuning	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,18 %	Maksimum 5%	Memenuhi syarat
Modulus Halus Butir	3,21	1,5 – 3,8	Memenuhi syarat
Bulk Spesific Gravity	2,7308	-	-
Bulk Spesific SSD	2,7622	-	-
Apperent Spesific Gravity	2,8192	-	-
Absorption	1,147%	2 %	Memenuhi syarat
Kadar Air	2,3934%	-	-

#### Pemeriksaan agregat kasar

Agregat kasar (*split*) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Clereng. *Split* dari Clereng memiliki berat jenis yang baik dan cenderung padat, sehingga baik digunakan sebagai bahan campur adukan beton. Pemeriksaan agregat kasar dilakukan langsung di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UAJY. Hasil pemeriksaan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.

4.

5.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Standar	Kesimpulan
Modulus Halus Butir	6,423	5 – 8	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	0,8 %	Maksimum 1%	Memenuhi syarat
Keausan Agregat	24,96 %	Maksimum 27%	Memenuhi syarat
Bulk Spesific Gravity	2,6739	-	-
Bulk Spesific SSD	2,7147	-	-
Apperent Spesific Gravity	2,7875	-	-
Absorption	1,5244%	Maksimum 3%	Memenuhi syarat
Kadar Air	1,335%	-	-

#### Pemeriksaan abu terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) diperiksa di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan (BBTKL) Yogyakarta. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan kimiawi dari *fly ash*. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan *Fly Ash*

No.	Parameter	Hasil (%)	Standar	Kesimpulan
1	Hilang Pijar (LOI)	0,32	Maks. 6%	Memenuhi syarat
2	Si sebagai SiO <sub>2</sub>	40,79	-	-
3	Al sebagai Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,71	-	-
4	Fe sebagai Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,05	-	-
5	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48,55	Min. 70%	Tidak memenuhi syarat
6	Ca sebagai CaO	3,09	Maks. 20%	Memenuhi syarat
7	Mg sebagai MgO	3,73	-	-
8	S sebagai SO <sub>3</sub>	Tak terdeteksi	Maks. 5%	Memenuhi syarat
9	K sebagai K <sub>2</sub> O	0,17	-	-
10	Na sebagai Na <sub>2</sub> O	0,01	-	-
11	Kadar Air (H <sub>2</sub> O)	0,12	Maks. 3%	Memenuhi syarat

Catatan : standard yang digunakan untuk *fly ash* tipe F

Berdasarkan data hasil pemeriksaan dari Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan (BBTKL) terlihat jumlah  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 48,55 %. Persyaratan *fly ash* tipe F kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimal 70%, sedangkan persyaratan *fly ash* tipe C kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  minimal 50%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam kategori tipe C

### Hasil pengujian slump

Pengujian *slump* dilakukan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji *slump* menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Namun, apabila menggunakan *superplasticizer* nilai *slump* dapat lebih tinggi, karena *superplasticizer* ini membantu memperbaiki *workability* dari adukan beton karena sifatnya sebagai pelicin pada campuran adukan beton. Hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4 dan dokumentasi hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Slump*

No.	Variasi <i>Fly Ash</i>	Nilai <i>Slump</i> (cm)		
		Adukan 1	Adukan 2	Adukan 3
1	0 %	20,5	20,1	17,5
2	5 %	20,8	19,7	19,7
3	10 %	18,0	21,0	20,4
4	15 %	19,6	18,7	18,8
5	20 %	20,1	19,6	20,3
6	25 %	21,2	17,7	19,5



Gambar 1. Pengujian *Slump*

### Hasil pengujian berat jenis beton

Berat jenis beton diperoleh dari perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Hasil berat jenis beton untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Berat Jenis Beton untuk Setiap Variasi

Variasi	Kode Beton	7 hari		14 hari		28 hari	
		Berat Jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )	Berat jenis kerata ( $\text{Kg/m}^3$ )	Berat Jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )	Berat jenis kerata ( $\text{Kg/m}^3$ )	Berat Jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )	Berat jenis kerata ( $\text{Kg/m}^3$ )
0 %	0 PET-1	2.402,56		2.386,48		2.443,29	
	0 PET-2	2.401,05	2.404,26	2.391,60	2.388,17	2.420,14	2.441,43
	0 PET-3	2.409,16		2.386,43		2.460,87	
5 %	1 FA-1	2.454,32		2.443,29		2.409,00	
	1 FA-2	2.454,29	2.446,25	2.473,18	2.456,27	2.446,65	2.434,38
	1 FA-3	2.430,14		2.452,35		2.447,50	
10 %	2 FA-1	2.408,49		2.410,30		2.429,43	
	2 FA-2	2.437,18	2.435,19	2.314,23	2.392,96	2.489,98	2.469,33
	2 FA-3	2.459,90		2.454,35		2.488,59	

Variasi	Kode Beton	7 hari		14 hari		28 hari	
		Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis Rerata (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis Rerata (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis Rerata (Kg/m <sup>3</sup> )
15 %	3 FA-1	2.418,14	2.449,27	2.432,72	2.449,95	2.449,48	2.454,92
	3 FA-2	2.483,77		2.454,31		2.466,74	
	3 FA-3	2.445,90		2.462,82		2.448,53	
20 %	4 FA-1	2.421,02	2.434,89	2.462,63	2.485,21	2.447,03	2.469,28
	4 FA-2	2.428,53		2.512,33		2.500,86	
	4 FA-3	2.455,13		2.480,66		2.459,95	
25 %	5 FA-1	2.458,58	2.467,71	2.460,85	2.466,74	2.459,89	2.461,05
	5 FA-2	2.451,31		2.454,85		2.464,87	
	5 FA-3	2.493,23		2.484,51		2.458,40	

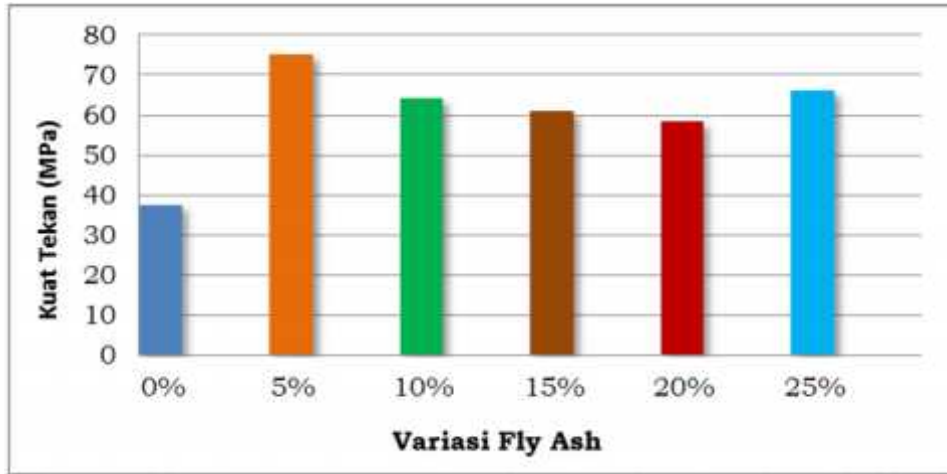
### Hasil pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan silinder dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UAJY. Pengujian menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) merek *ELE* dengan waktu uji yaitu 7, 14, dan 28 hari. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan beban maksimum beton ( $P_{maks}$ ). Jumlah beton yang diuji sebanyak 4 benda uji, 1 langsung diuji tekan, sedangkan 3 lainnya dilakukan pengujian modulus elastisitas terlebih dahulu, setelah itu dilakukan pengujian tekan hingga hancur. Nilai kuat tekan maksimum diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum beton ( $P_{maks}$ ) dengan luas penampang beton (A). Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi	Kode Beton	7 hari		14 hari		28 hari	
		f'c (MPa)	f'c Rerata (MPa)	f'c (MPa)	f'c Rerata (MPa)	f'c (MPa)	f'c Rerata (MPa)
0 %	0 PET-1	40,21	38,64	67,43	72,10	36,54	37,69
	0 PET-2	39,93		73,18		38,46	
	0 PET-3	35,79		75,9		38,07	
5 %	1 FA-1	68,91	73,25	56,60	66,38	76,57	75,06
	1 FA-2	74,20		68,72		74,59	
	1 FA-3	76,64		73,81		74,04	
10 %	2 FA-1	49,49	69,76	42,89	51,80	66,43	64,30
	2 FA-2	78,31		51,65		60,05	
	2 FA-3	81,48		60,85		66,44	
15 %	3 FA-1	47,59	51,86	40,00	42,03	63,95	60,92
	3 FA-2	49,17		43,27		59,94	
	3 FA-3	58,82		42,83		58,86	
20 %	4 FA-1	81,17	78,16	83,68	80,54	56,43	58,32
	4 FA-2	71,67		75,71		59,59	
	4 FA-3	81,63		82,21		58,93	
25 %	5 FA-1	50,98	52,63	60,49	58,52	67,97	66,11
	5 FA-2	52,63		52,02		64,09	
	5 FA-3	54,27		63,04		66,26	

Data hasil kuat tekan beton rerata dapat dilihat dalam diagram yang disajikan seperti Gambar 2 dan dokumentasi pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari  
6.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan data di atas nilai kuat tekan beton berumur 7, 14, dan 28 hari untuk satu variasi kadar *fly ash* yang sama tidak terjadi kenaikan kekuatan beton secara kontinu dilihat dari umur beton. Hal ini dikarenakan pengadukan campuran untuk satu variasi kadar *fly ash* yang sama tidak dilakukan bersamaan, sehingga menyebabkan nilai kuat tekan tidak naik secara kontinu. Oleh karena itu, peneliti menggunakan data nilai kuat tekan beton berumur 28 hari sebagai patokan nilai kuat tekan beton mutu tinggi dengan variasi kadar *fly ash* yang digunakan sebagai nilai kuat tekan. Jadi, kekuatan beton tertinggi pada saat umur beton 28 hari terjadi pada variasi *fly ash* 5% dengan kuat tekan beton rerata sebesar 75,06 MPa yang meningkatkan kuat tekan beton hingga 99,15% dari beton tanpa *fly ash*.

### Hasil pengujian modulus elastisitas

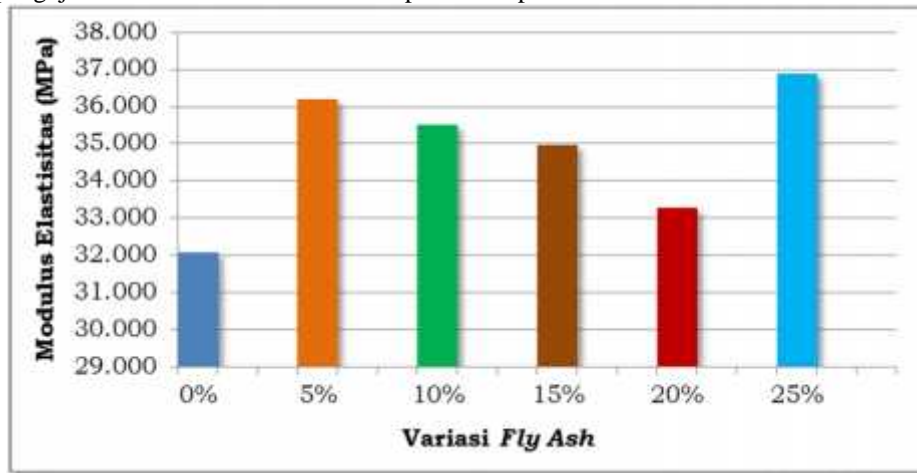
Pengujian modulus elastisitas beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan alat uji UTM dengan merk *Shimadzu*. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari

Variasi	Kode Beton	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rerata (MPa)
0 %	0 PET-1	26865,7180	32059,9294
	0 PET-2	36490,0282	
	0 PET-3	32824,0420	
5 %	1 FA-1	30358,8026	36204,1322
	1 FA-2	51353,2520	

Variasi	Kode Beton	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas Rerata (MPa)
10 %	1 FA-3	26900,3420	35510,8152
	2 FA-1	35214,0570	
	2 FA-2	36492,2699	
	2 FA-3	34826,1186	
15 %	3 FA-1	37858,7392	34969,4492
	3 FA-2	34291,6740	
	3 FA-3	32757,9345	
20 %	4 FA-1	33321,1416	33276,9639
	4 FA-2	34775,2532	
	4 FA-3	31734,4969	
25 %	5 FA-1	37409,6481	36893,6286
	5 FA-2	36520,0419	
	5 FA-3	36751,1959	

Data hasil modulus elastisitas beton rerata dapat dilihat dalam diagram yang disajikan seperti Gambar 4 dan dokumentasi pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari



Gambar 5. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan hasil perhitungan modulus elastisitas beton umur 28 hari didapatkan modulus elastisitas beton rerata tertinggi sebesar 36893,6286 MPa pada variasi *fly ash* 25% terhadap berat semen yang meningkatkan nilai modulus elastisitas beton hingga 15,08% dari beton tanpa *fly ash*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton rerata pada umur 28 hari dengan variasi kadar *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% secara berturut-turut 37,69 MPa, 75,06 MPa, 64,30 MPa, 60,92 MPa, 58,32 MPa, 66,11 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi kadar *fly ash* 5% sebesar 75,06 MPa yang meningkatkan kuat tekan sebesar 99,15% dari beton tanpa *fly ash*.
2. Nilai modulus elastisitas beton pada umur 28 hari dengan variasi kadar *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% secara berturut-turut 32059,9294 MPa, 36204,1322 MPa, 35510,8152 MPa, 34969,4492 MPa, 33276,9639 MPa, 36893,6286 MPa. Nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada variasi *fly ash* 25% sebesar 36893,6286 MPa yang meningkatkan nilai modulus elastisitas hingga 15,08% dari beton tanpa *fly ash*.
3. Kombinasi dari bahan tambah yang digunakan mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan baik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala dan staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas fasilitas yang disediakan untuk melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, I., dan Rochman, A.. (2006). "Tinjauan Penambahan *Microsilica* dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi", *Jurnal Eco Rekayasa UMS*, Vol. 2, No. 1, pp. 24-30.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, (2004). *Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi (PD T-04-2004-C)*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Nugraheni, M.W. (2011). *Tinjauan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Berserat Baja dengan Menggunakan Filler Nanomaterial*, Laporan Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Pujianto, A.. (2010). "Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* dan *Fly Ash*", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika UMY*, Vol. 13, No. 2, pp 171-180.
- Sebayang, S. (2006). "Pengaruh Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen Type V pada Beton Mutu Tinggi", *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Vol. 6, No. 2, pp. 116-123.
- Sebayang, S. (2011). "Tinjauan Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Mutu Tinggi dengan Silika Fume sebagai Bahan Tambahan", *Jurnal Rekayasa UNL*, Vol. 15, No. 2, pp. 131-138.
- SNI 03-2847-2002. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.