



Tersedia Secara Online di  
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

JURMATEKS

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

## Meningkatkan Mutu Beton dengan Penggunaan Fly Ash serta Variasi Merk Semen

F. A. Pangestu<sup>1</sup>, R. R. Dhana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan.

email: <sup>1\*</sup> [adipangestu16.ap@gmail.com](mailto:adipangestu16.ap@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Artikel masuk : 02 – 06 – 2021  
Artikel revisi : 11 – 06 – 2021  
Artikel diterima : 16 – 06 – 2021

#### Keywords :

Cement, Concrete, Compressive Strength, Fly Ash.

#### Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[15]

S. Gumalang, S. . Wallah, and M. D. . Sumajouw, "Pengaruh Kadar Air dan Superplasticizer pada Kekuatan dan Keleccakan Beton Geopolimer Memadat Sendiri Berbasis Abu Terbang," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 6, no.3,2017,doi:10.7498/aps/62.010302.

### ABSTRACT

*The continuous use of Cement on concrete will adversely affect environmental conditions. In addition, the cost of Cement that is not cheap makes concrete production less efficient. The use of alternative materials should be considered to get good quality concrete as efficiently as possible. This study aims to compare concrete quality with different variations of cement trademarks using fly ash added material. The method used is an experimental method with the manufacture of samples in the laboratory. Added fly ash variations of 0%, 5%, 7%, 9% of cement weight. The samples used are cylindrical. With the number of samples on every variation as much as two samples. They were compressive strength conducted at the age of concrete 7 and 28 days. The study results obtained the highest compressive strength at the age of concrete 7 days obtained in concrete samples with the use of Gresik cement substituted fly ash as much as 5%, which amounted to 16.14 Mpa. While the highest compressive force at the age of concrete 28 days obtained in concrete samples with the use of milk substituted fly ash as much as 5%, namely 22.65Mpa.*

### ABSTRAK

Penggunaan semen pada beton secara terus menerus akan berdampak buruk pada kondisi lingkungan. Selain itu, biaya semen yang tidak murah menjadikan produksi beton kurang efisien. Penggunaan material alternatif menjadi hal yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan mutu beton yang baik seefisien mungkin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui, perbandingan mutu beton dengan variasi merek dagang semen yang berbeda dengan menggunakan material tambah fly ash. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan pembuatan sampel di laboratorium. Variasi fly ash yang ditambahkan sebesar 0%, 5%, 7%, 9% dari berat semen. Sampel yang digunakan berbentuk silinder. Dengan jumlah sampel pada setiap variasi sebanyak 2 sampel Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, dan 28 hari. Hasil penelitian didapatkan kuat tekan tertinggi pada umur beton 7 hari diperoleh pada sampel beton dengan penggunaan semen Gresik yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 16,14 Mpa. Sedangkan kuat tekan tertinggi pada umur beton 28 hari diperoleh pada sampel beton dengan penggunaan semen

---

Bima yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 22,65Mpa

---

## 1. Pendahuluan

Dalam bidang konstruksi, beton memegang peran penting yang digunakan sebagai material bangunan [1][2]. Pada hampir keseluruhan konstruksi (gedung bertingkat, perumahan, jalan raya, jembatan, bendungan dan saluran irigasi,serta konstruksi lainnya ) membutuhkan material beton baik sebagai kebutuhan primer maupun sebagai penunjang elemen material [3] [4]. Beton sendiri tersusun dari agregat, air dan bahan perekat. Perencanaan komposisi serta sifat material campuran beton merupakan penentu kualitas beton, yang berarti juga kualitas system struktur konstruksi [5][6][7].

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton mutu tinggi memerlukan penggunaan semen yang lebih banyak dari pada penggunaan semen pada beton normal [8][9]. Namun, penggunaan semen secara terus menerus akan berdampak buruk pada kondisi lingkungan. Sehingga, perlu dilakukan pemilihan material alternatif [10][11]. Untuk memperbaiki mutu mortar dapat digunakan bahan yang mempunyai sifat pozzolan dengan maksud sebagai bahan tambah ataupun sebagai bahan substitusi parsial semen dengan harapan dapat menghasilkan mortar yang memiliki kuat tekan tinggi[12]. Pemanfaatan fly ash sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan [13][14]. Fly Ash merupakan sisa pembakaran batu bara yang sangat halus. Kehalusan butiran fly ash ini berpotensi terhadap pencemaran udara.

Abu terbang apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan pencemaran karena abu terbang mengandung beberapa elemen beracun. Untuk mengurangi dampak tersebut yaitu dengan melakukan pemanfaatan pada material tersebut dengan menggunakan material tersebut sebagai bahan pengganti sebagian semen.[15]

Fly ash memiliki butiran yang cukup halus (lolos ayakan No. 325) dengan specific gravity antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman[16]. Silica dan alumina yang dimiliki fly ash mencapai 80%. Penggunaan fly ash dengan perbandingan tertentu terbukti terbukti dapat meningkatkan kuat tekan, meskipun tidak secara signifikan [17].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan antara 3 jenis semen dengan bahan tambahan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi agregat halus dengan variasi bahan tambah 5% 7% 9% pada semen Gresik, Bima, dan Tiga Roda terhadap kuat tekan beton.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental [18], yaitu penelitian dengan percobaan di laboratorium Universitas Islam Lamongan dengan menggunakan standart ASTM [19]. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan sampel beton yang dimodifikasi dengan *fly ash* dengan mutu rencana  $F_c' 16,60$  (K200). Variasi yang digunakan yaitu prosentase *fly ash* sebanyak 5%, 7%, 9%, serta penggunaan merek dagang semen yang berbeda (Gresik, Bima, dan Tiga Roda). Penelitian dilakukan bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya

Sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 152 mm, dan tinggi 305 mm sebanyak 8. Untuk mengetahui mutu beton, dilakukan pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder. Adapun alat penelitian yang digunakan adalah alat laboratorium lengkap untuk pemeriksaan bahan dan penguji benda uji adalah sebagai berikut:

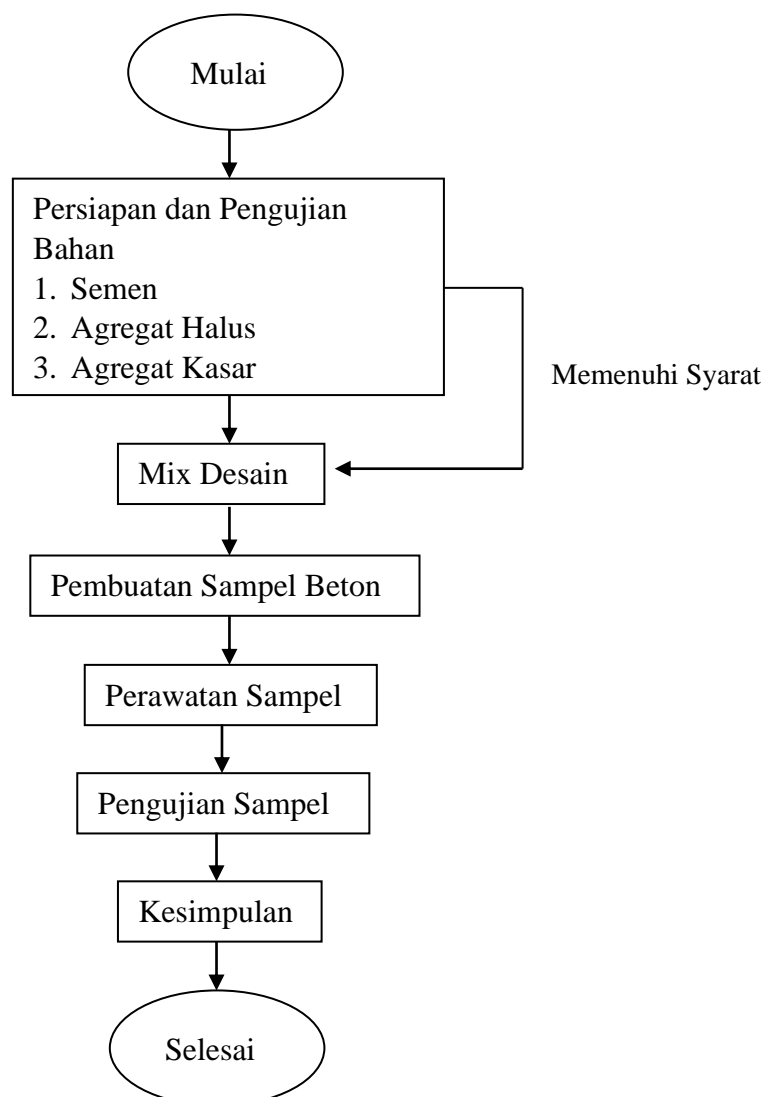
- 1) Cetakan silinder, berdiameter 152 mm, dan tinggi 305 mm;
- 2) Tongkat pemadat, berdiameter 16 mm, Panjang 600 mm, dengan ujung dibulatkan, dibuat dari baja yang bersi dan bebas karat;
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh; mesin tekan, kapasitas sesuai kebutuhan;
- 4) Mesin pengaduk atau bak pengaduk beton kedap air;
- 5) Alat pelapis (*capping*);
- 6) Peralatan tambahan: ember, sekop, sendok, sendok perata, dan talam;
- 7) Slump Test
- 8) Satu set alat periksa berat isi beton;

### 2.1 Deskripsi dan Teknis Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan (Gambar 1), diawali dengan persiapan dan pengujian bahan, mix desain [20], pembuatan dan perawatan sampel, dilanjutkan dengan pengujian sampel yang mengacu pada ASTM (*American Standard Testing and Material*). Tahapan pengujian yang dilakukan meliputi:

- 1) Penyediaan bahan tambah fly ash.
- 2) Pengujian Material
  - a. Pengujian Semen (Pengujian konsistensi, Pengujian waktu mengikat dan mengeras, Pengujian berat jenis [21])

- b. Pengujian Agregat Halus (Pengujian analisa saringan, Pengujian kadar air, Pengujian berat jenis pada kondisi SSD, Pengujian kadar air resapan, Pengujian berat volume)
  - c. Pengujian Agregat Kasar (Pengujian analisa saringan, Pengujian kelembapan Pengujian berat jenis, Pengujian kadar air resapan, Pengujian berat volume)
- 3) Proses pembuatan beton meliputi (Proses perhitungan bahan campuran beton, Proses persiapan bahan, Proses pencampuran beton dengan bahan tambah fly ash, Pengujian slump test, Proses pencetakan beton)
  - 4) Proses pembongkaran cetakan beton, Proses perawatan beton (*curing*)
  - 5) Pengujian kuat tekan[22]



Sumber: Analisa Alur Penelitian.

**Gambar 1.** Alur Penelitian.

## 2.2 Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui mutu beton yang telah dibuat, dilakukan pengujian kuat tekan dengan mengacu pada SNI 1974-2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder adalah sebagai berikut [23]. Kuat tekan beton sendiri didefinisikan sebagai besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur [24]. Nilai beban tersebut didapatkan dari hasil pembacaan pada mesin uji kuat tekan yang setelahnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

$F_c'$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>)

## 2.3 Uji Slump Beton

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan alat berbentuk kerucut terpancung yang memiliki diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, tinggi 30 cm serta dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat berdiameter 1,6 cm sepanjang 60 cm. Beton segar dimasukkan corong baja kemudian corong di tarik keatas sehingga beton turun kebawah. Besar penurunan permukaan di ukur.[25]

**Tabel 1.** Standar Nilai Slump Beton.

Uraian	Slump	
	Maximum	Minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15	7,5
Pengerasan Jalan	7,5	5
Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber: PBI 1971 N.1.-2.

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Mix Design

Pada pekerjaan mix desain beton, dilakukan penentuan material penyusun serta proposi campuran beton. Material penyusun beton menentukan kualitas beton yang akan direncanakan. Hasil perhitungan proporsi material penyusun beton diuraikan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Kebutuhan Bahan Untuk 1 Silinder Dengan Volume Sebesar 0,0053m<sup>3</sup>.

Sampel	Semen	Pasir	Krikil	Air
Beton Normal	2,088	4,033	5,565	1,086 (liter)
Beton Fly Ash 5%	1,9836	4,033	5,565	1,086 (liter)
Beton Fly Ash 7%	1,94184	4,033	5,565	1,086 (liter)
Beton Fly Ash 9%	1,90008	4,033	5,565	1,086 (liter)

*Sumber: Hasil Penelitian.*

Dari **Tabel 2.** diketahui kebutuhan bahan beton setiap silinder. Kebutuhan semen sebesar 2,088 kg/m<sup>3</sup>, agregat halus berupa pasir sebesar 4033 kg/m<sup>3</sup>, agregat kasar berupa kerikil sebesar 5,565 kg/m<sup>3</sup> dan untuk kebutuhan air sebesar 1,086 liter. Perhitungan berat flyash didasarkan pada prosentase fly ash dari berat semen.

#### 3.2 Hasil Pengujian Slump Test

Faktor air semen menjadi salah satu hal berpengaruh terhadap nilai slump. Semakin tinggi faktor air semen, maka nilai slump akan semakin tinggi pula. Semakin besar nilai slump test berarti adukan beton semakin mudah dikerjakan. Dari masing-masing adukan beton tersebut didapatkan nilai slump yang berbeda-beda. Hasil pengujian slump diuraikan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil Pengujian *Slump*.

Sampel	Tinggi Slump		Rata -Rata
Beton Normal	13 cm	12 cm	12,5
Beton Fly Ash 5%	12 cm	11 cm	11,5
Beton Fly Ash 7%	11 cm	13 cm	12
Beton Fly Ash 9%	12 cm	13 cm	12,5

*Sumber: Hasil Penelitian.*

Berdasarkan **Tabel 2.** Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata slump pada tiap variasi memiliki hasil yang berbeda-beda. Nilai slump tertinggi didapatkan pada sampel Beton Fly

Ash 9% dengan nilai slump sebesar 12,5 cm. Nilai slump yang didapatkan berada pada rentang 11-12.5. Nilai *slump* seluruh campuran masuk kedalam slump rencana yaitu 6-18 cm. Dengan nilai slump tersebut, campuran beton dapat digunakan untuk pekerjaan dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang.

### 3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

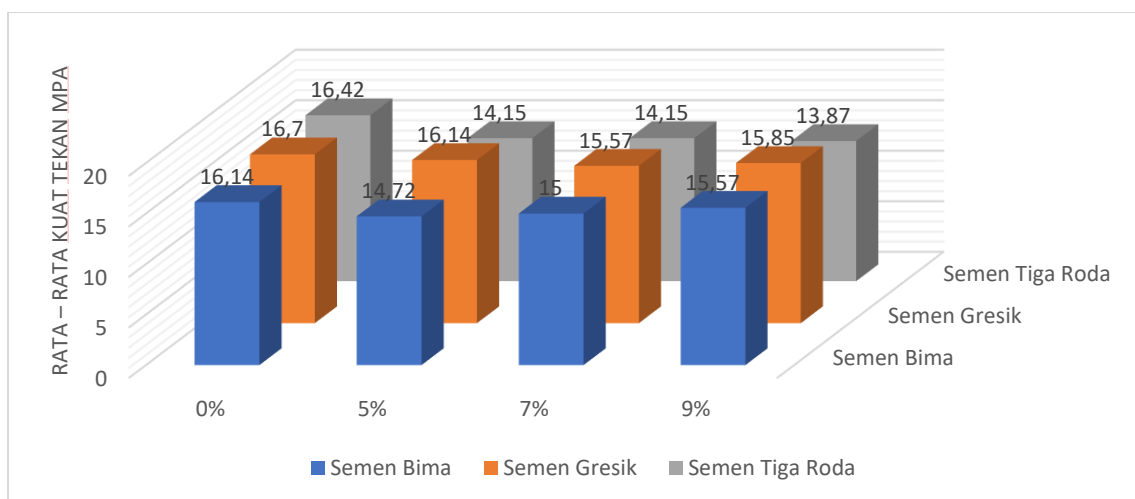
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Metode yang digunakan pada pengujian kuat tekan ini yaitu mengacu pada SNI 1974:2011. Pengujian dilakukan pada masing-masing sampel dengan hasil sebagai berikut

**Tabel 3.** Hasil pengujian kuat tekan umur 7 hari.

Sampel	Kuat Tekan Benda Uji		Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
	I	II	
Normal Semen Gresik + 0 % Fly Ash	17,55	15,85	16,7
Normal Semen Gresik+ 5 % Fly Ash	16,42	15,85	<b>16,14</b>
Normal Semen Gresik+ 7 % Fly Ash	15,85	15,29	15,57
Normal Semen Gresik + 9 % Fly Ash	16,42	15,29	15,85
Normal Semen Tiga Roda + 0 % Fly Ash	16,99	15,85	16,42
Normal Semen Tiga Roda + 5 % Fly Ash	15,29	13,02	<b>14,15</b>
Normal Semen Tiga Roda + 7 % Fly Ash	13,59	14,72	14,15
Normal Semen Tiga Roda + 9 % Fly Ash	14,15	13,59	13,87
Normal Semen Bima + 0 % Fly Ash	16,42	15,85	16,14
Normal Semen Bima+ 5 % Fly Ash	15,29	14,15	14,72
Normal Semen Bima+ 7 % Fly Ash	14,72	15,29	15
Normal Semen Bima+ 9 % Fly Ash	14,72	16,42	<b>15,57</b>

*Sumber: Hasil Penelitian*

Dari **Tabel 3**. Pengujian kuat tekan pada umur beton 7 hari didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada sampel beton dengan penggunaan semen Gresik yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 16,14 Mpa. Dari ketiga merek dagang, nilai kuat tekan rata-rata penggunaan semen gresik lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan semen tiga roda dan semen bima. Pada semen gresik dan semen tiga roda, kuat tekan tertinggi diperoleh pada substitusi fly ash 5%. Sedangkan pada semen bima, kuat tekan tertinggi diperoleh pada substitusi fly ash 9%.



Sumber: Hasil Penelitian

**Gambar 2.** Grafik Kuat Tekan Umur 7 Hari

Berdasarkan grafik kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari diatas, menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi pada prosentase 5%,7%, dan 9% substitusi *flyash* diperoleh dengan penggunaan semen gresik secara berturut-turut sebesar 16,14 Mpa, 15,57 Mpa, 15,85Mpa.

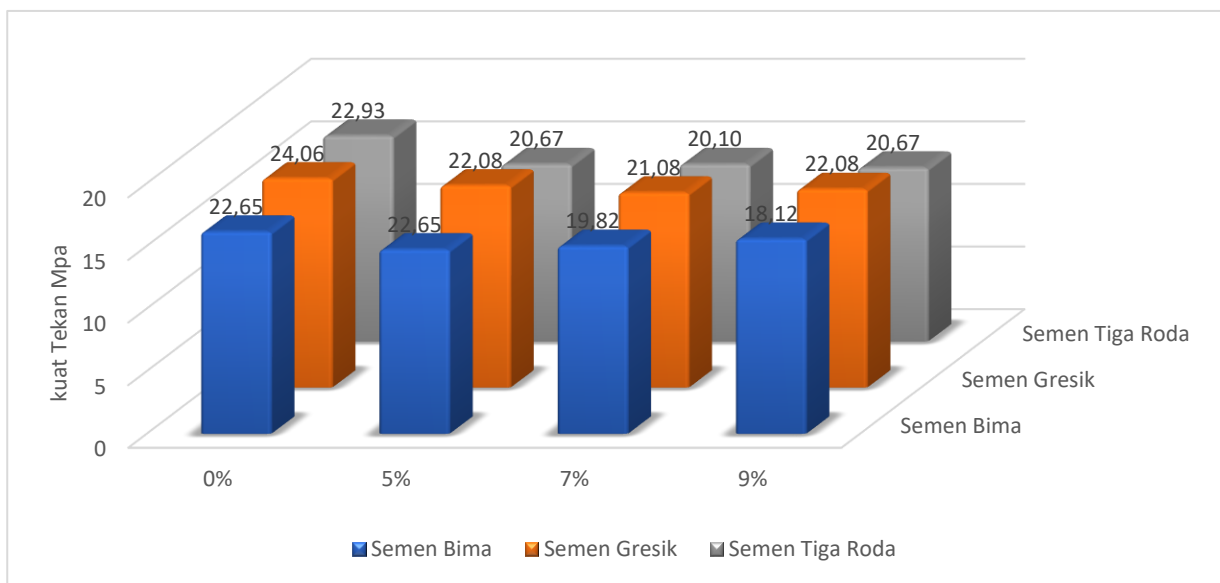
**Tabel 4.** Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari

Sampel	Kuat Tekan Benda Uji		Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
	I	II	
Normal Semen Gresik + 0 % Fly Ash	26,61	21,51	24,06
Normal Semen Gresik+ 5 % Fly Ash	23,21	20,95	22,08
Normal Semen Gresik+ 7 % Fly Ash	22,08	21,51	<b>21,8</b>
Normal Semen Gresik + 9 % Fly Ash	21,51	22,65	22,08
Normal Semen Tiga Roda + 0 % Fly Ash	23,21	22,93	22,93
Normal Semen Tiga Roda + 5 % Fly Ash	21,51	19,82	<b>20,67</b>
Normal Semen Tiga Roda + 7 % Fly Ash	20,95	19,25	20,1
Normal Semen Tiga Roda + 9 % Fly Ash	21,51	19,82	20,67
Normal Semen Bima + 0 % Fly Ash	23,78	21,51	22,65
Normal Semen Bima+ 5 % Fly Ash	23,21	22,08	<b>22,65</b>
Normal Semen Bima+ 7 % Fly Ash	20,38	19,25	19,82
Normal Semen Bima+ 9 % Fly Ash	18,68	17,55	18,12

Sumber: Hasil Penelitian



Dari **Tabel 4**. Pengujian kuat tekan pada umur beton 28 hari diperoleh pada sampel beton dengan penggunaan semen Bima yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 22,65Mpa. Dari ketiga merek dagang, nilai kuat tekan rata-rata penggunaan semen bima lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan semen tiga roda dan semen gresik. Pada semen bima dan semen tiga roda, kuat tekan tertinggi diperoleh pada substitusi fly ash 5%. Sedangkan pada semen gresik, kuat tekan tertinggi diperoleh pada substitusi fly ash 7%.



Sumber: Hasil Penelitian, 2021

**Gambar 3.** Grafik Kuat Tekan Umur 28 Hari.

Berdasarkan grafik kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari diatas, menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi pada prosentase 5% substitusi *flyash* diperoleh dengan penggunaan semen bima sebesar 22,65 Mpa. Kuat tekan rata-rata tertinggi pada prosentase 7% substitusi *flyash* diperoleh dengan penggunaan semen gresikk sebesar 21,08 Mpa. Kuat tekan rata-rata tertinggi pada prosentase 9% substitusi *flyash* diperoleh dengan penggunaan semen gresik sebesar 22,08 Mpa

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton dengan menggunakan 3 (tiga) jenis semen dengan bahan tambahan fly ash (Abu terbang) dapat disimpulkan:

1. Hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata slump pada tiap variasi memiliki hasil yang berbeda-beda. Nilai slump tertinggi didapatkan pada sampel Beton Fly Ash 9% dengan

Perbandingan Penggunaan 3 Merk Semen Dengan Menggunakan Fly Ash Terhadap Mutu Beton

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

© 2021 JURMATEKS. Jurnal Manajemen & Teknik Sipil. All rights reserved.



nilai slump sebesar 12,5 cm. Nilai slump yang didapatkan berada pada rentang 11-12.5. Nilai slump seluruh campuran masuk kedalam slump rencana yaitu 6-18 cm.

2. Pengujian kuat tekan pada umur beton 7 hari didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada sampel beton dengan penggunaan semen Gresik yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 16,14 Mpa. Sedangkan, Pengujian kuat tekan pada umur beton 28 hari diperoleh pada sampel beton dengan penggunaan semen Bima yang disubstitusi fly ash sebanyak 5%, yaitu sebesar 22,65Mpa. Nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari telah mampu melebihi mutu rencana yaitu 16,60 Mpa (K200)

## 4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak variasi umur dan jumlah sampel agar data lebih akurat. Kesalahan yang terjadi dapat dihindari sekecil apapun mungkin baik oleh faktor human error maupun kesalahan pada alat dan bahan penelitian. Gunakan semen sesuai dengan peruntukannya sehingga biaya bangunan menjadi lebih murah.

**Daftar Pustaka**

- [1] S. Winarto, "Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material Campuran Dalam Beton Untuk Meningkatkan Kemampuan Beton Menahan Beban Tekan Studi Kasus: Pembangunan Homestay Singonegaran Kediri," *UKaRsT*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [2] N. Usrina, T. B. Aulia, and M. Muttaqin, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Bijih Besi," *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 1, no. 1, pp. 179–188, 2018, doi: 10.24815/jarsp.v1i1.10368.
- [3] S. abadi Hasan and Hartantyo, "Pengaruh Limbah Pabrik Gula Molase Sebagai Bahan Tambah (Admixture) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang," *U KaRsT*, vol. 4, no. 1, pp. 14–26, 2020.
- [4] A. Hasyim and D. Kartikasari, "Pembuatan Beton Campuran Styrofoam Menggunakan Agregat Pasir Bengawan Solo," *UKaRsT*, vol. 4, no. 1, pp. 27–38, 2020.
- [5] M. A. Ansori, A. Ridwan, and Y. Cahyo, "Penelitian Uji Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Air Limbah Tetes Tebu Dan Zat Additive Concrete," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 16, 2019, doi: 10.30737/jurmateks.v2i1.388.
- [6] R. A. Polii, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 3, pp. 206–211, 2015.
- [7] K. Kaboosi and K. Emami, "Interaction of treated industrial wastewater and zeolite on compressive strength of plain concrete in different cement contents and curing ages," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 11, p. e00308, 2019, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00308.
- [8] O. Febrianita, A. Ridwan, and Y. C. S. Poernomo, "Penelitian Beton dengan Penambahan Abu Sekam Padi dan Limbah Keramik sebagai Substitusi Semen," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 275, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i2.1138.
- [9] K. Kaboosi, F. Kaboosi, and M. Fadavi, "Investigation of greywater and zeolite usage in different cement contents on concrete compressive strength and their interactions," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 201–211, 2020, doi: 10.1016/j.asej.2019.08.008.
- [10] N. A. Affandy and A. I. Bukhori, "Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton," *UKaRsT*, vol. 3, no. 2, pp. 65–72, 2019.
- [11] M. Maryanto, S. Winarto, and L. D. Krisnawati, "Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Limbah Kuningan Terhadap Kuat tekan Beton Mutu K-225," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 76–90, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i1.142.
- [12] Indra Syahrul Fuad, "Pengaruh Pemakaian Semen Dan Pasir Yang Berbeda Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Desiminasi Teknol. Fak. Tek. Univ. Tridinanti Palembang Vol.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–12, 2020.

- [13] G. Xu and X. Shi, "Characteristics and applications of fly ash as a sustainable construction material: A state-of-the-art review," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 136, no. August 2017, pp. 95–109, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.010.
- [14] C. Lu and W. Wang, "A semi-quantitative investigation of the free expansion stage of steel corrosion in fly ash concrete," *J. Build. Eng.*, vol. 34, no. July, p. 101941, 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101941.
- [15] S. Gumalang, S. . Wallah, and M. D. . Sumajouw, "Pengaruh Kadar Air dan Superplasticizer pada Kekuatan dan Kelecekan Beton Geopolimer Memadat Sendiri Berbasis Abu Terbang," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 6, no. 3, 2017, doi: 10.7498/aps/62.010302.
- [16] M. Setiawati, "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>.
- [17] S. Kang, M. Tyler Ley, Z. Lloyd, and T. Kim, "Using the Particle Model to predict electrical resistivity performance of fly ash in concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 261, p. 119975, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119975.
- [18] M. Abdul, B. Minanulloh, Y. C. S. P, and A. Ridwan, "Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K – 300," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 12–22, 2020.
- [19] A. F. Kariri and A. Nur, Azizah, "Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Pelepeh Pisang Pada Beton Mutu K-200," *U KaRsT*, vol. 2, no. 2, pp. 115–124, 2018.
- [20] Badan, "SNI 03-2834-1993 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal," in *Badan Standardisasi Nasional*, 2000, pp. 1–34.
- [21] Astm, "Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement, C 187 – 04," *Astm*, 2004.
- [22] K. D. Kurniawan, A. Ridwan, and Y. Cahyo, "Uji Kuat Tekan Dan Arbsorpsi Pada Beton Ringan Dengan Penambahan Limbah Bata Ringan Dan Bubuk Talek," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.872.
- [23] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder," 2011.
- [24] P. Tamayo, J. Pacheco, C. Thomas, J. de Brito, and J. Rico, "Mechanical and durability properties of concrete with coarse recycled aggregate produced with electric arc furnace slag concrete," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.3390/app10010216.
- [25] A. R. Resi, E. Hunggurami, and S. Utomo, "Kelayakan Pasir Kali Mas Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton dan Mortar," *J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 143–150, 2017.