

## JURNAL KONSTRUKSI

### Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Abu Batu Andesit Sebagai Bahan Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton

Tira Roesdiana\*

\*) Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

#### ABSTRAK

Cirebon merupakan salah satu Kota di Provinsi Jawa Barat yang memiliki potensi sangat bagus. Kelangsungan dari potensi yang ada juga di tunjang sarana pendukung, salah satunya adalah saat ini di Cirebon telah beroperasi industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Selain itu di Cirebon juga terdapat sentra kerajinan batu alam, yang terkenal sebutannya batu palimanan. Setiap kegiatan industri tentulah mempunyai hasil sisa industri atau limbah. PLTU sebagai salah satu industri yang menggunakan batubara sebagai menghasilkan limbah padat hasil pembakaran salah satunya abu terbang (*fly ash*). Sedangkan untuk industri batu palimanan dalam proses penggergajian juga menghasilkan abu yang selama ini di buang ke sungai sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Beberapa bahan yang mempunyai kemungkinan untuk digunakan sebagai pengganti semen adalah metakaolin, abu sckam, abu ampas tebu, *fly ash*, abu batu dan tanah trass pada persentase tertentu. Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *fly ash* dan abu batu andesit sebagai substitusi sebagian dari persentase semen terhadap kuat tekan beton.

Pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan fungsi waktu 7,14,21, 28 hari dan variasi jumlah penambahan *fly ash* dan abu batu andesit sebesar 10%, 20% dan 30%. Mutu beton yang digunakan adalah beton karakteristik K225.

Dari Hasil pengujian didapat bahan beton dengan menggunakan *fly ash* 10% memiliki kuat tekan lebih tinggi sebesar 4,6% terhadap beton normal pada umur 28 hari dan juga masuk dalam kategori beton K225. Sedangkan untuk beton dengan menggunakan abu batu andesit pada umur 28 hari untuk substitusi 10% memiliki kuat tekan -6,2% jika dibandingkan dengan beton normal, dan seiring dengan bertambahnya pemakaian abu batu andesit nilai kuat tekan beton semakin menurun.

**Kata Kunci :** *Fly ash*, abu batu andesit, kuat tekan.

#### ABSTRACT

*Cirebon is a city in West Java province which has a very good potential. Continuity of the potential must have means support, one of which is currently in Cirebon been operating industrial steam power plant (power plant). In addition, in Cirebon also have a craft center for natural stone, the famous stone palimanan. Every industrial activity would produce waste. PLTU as one of the industries that use coal as fuel usually produces waste products of combustion in the form of fly ash (fly ash). As for the stone industry palimanan sawing process also produces ash that had been thrown into the river, causing environmental pollution. Some materials that have the possibility to be used as a substitute for cement is metakaolin, rice husk ash, bagasse ash, fly ash, andesite ash and soil trass at a certain percentage. Based on this background, the research done to determine the extent of the influence of fly ash and andesite ash as a partial substitution of cement percentage of compressive strength of concrete.*

*The compressive strength of concrete using cube-shaped test specimens size  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  with time function 7,14,21, 28 days and varying the amount of the addition of fly ash and ash andesite by 10%, 20% and 30%. Quality of concrete used is concrete characteristics of K225.*

*The compressive strength test results obtained from concrete material using fly ash 10% have a higher compressive strength of 4.6% of the normal concrete at 28 days and also fall into the category of concrete K225. As for the concrete by using andesite ash at 28 days for the substitution of 10% has a compressive strength of -6.2% when compared with normal concrete, and along with substitution use of andesite ash concrete compressive strength value decreases.*

**Keywords:** *Fly ash, andesite ash, compressive strength.*

## 1. PENDAHULUAN

Cirebon merupakan salah satu Kota di Provinsi Jawa Barat yang memiliki potensi sangat bagus. Potensi tersebut juga di dukung karena kota tersebut berada di jalur penghubung antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat. Beberapa potensi yang dimiliki oleh Kota Cirebon meliputi ekonomi, budaya, alam dan hasil laut.

Kelangsungan dari potensi yang ada juga di tunjang sarana pendukung, salah satunya adalah saat ini di Cirebon telah beroperasi industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU yang terletak di desa Kanci Kulon, kecamatan Astanajapura yang berkapasitas 660 M (megawatt) merupakan upaya untuk menghadapi ancaman krisis listrik yang akan dialami Pulau Jawa – Bali.

Di Cirebon juga terdapat sentra kerajinan batu alam, yang terkenal sebutannya batu palimanan. Batu alam Palimanan Kecamatan Palimanan Kabupaten Cirebon. Pabrik pengrajin batu palimanan terletak di Desa Bobos Kecamatan Duku Puntang, Kabupaten Cirebon. Dengan bantuan mesin pemotong, bongkahan batu hasil tambang itu diubah menjadi kepingan-kepingan dengan berukuran 20x10 cm<sup>2</sup>, 30x30 cm<sup>2</sup>, 5x10 cm<sup>2</sup> atau bentuk-bentuk lain sesuai pesanan konsumen yang fungsinya sebagai pelapis dinding.

Setiap kegiatan industri tentulah mempunyai hasil sisa industri atau limbah. PLTU sebagai salah satu industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar biasanya menghasilkan limbah padat hasil pembakaran berupa abu terbang ( *fly ash* ), slag ( *bottom ash* ) dan lumpur *flue gas desulfurization*. Sedangkan untuk industri batu palimanan dalam proses penggergajian juga menghasilkan abu yang selama ini di buang ke sungai sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Penggunaan semen mutlak ada dalam setiap konstruksi beton secara tidak langsung menuntut untuk ditemukannya suatu bahan baru yang berfungsi untuk menggantikan (substitusi) peranan semen dengan persentase penggantian tertentu yang dapat mengurangi penggunaan semen. Pencarian bahan baru tersebut sangat dibutuhkan karena bahan-bahan dasar semen yang berasal dari alam yaitu kapur, silika, alumina lama kelamaan akan habis. Selain itu ketergantungan terhadap semen akan membuat harga semen semakin tinggi yang kemudian berdampak pada mahalnya pembuatan beton.

Beberapa bahan yang mempunyai kemungkinan untuk digunakan sebagai pengganti semen adalah metakaolin, abu sekam, abu ampas tebu, *fly ash*, abu batu dan tanah trass pada persentase tertentu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *fly ash* dan abu batu andesit sebagai substitusi sebagian dari prosentase semen terhadap kuat tekan beton.

### 1.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui kuat tekan beton dengan atau tanpa penambahan *fly ash* dan abu batu andesit pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.
2. Membandingkan kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* dan abu batu andesit terhadap beton normal.

### 1.2. Batasan Masalah

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang batubara (*fly ash*) yang merupakan abu hasil pembakaran batubara pada PLTU Cirebon, dan abu batu andesit dari Desa Bobos Kabupaten Cirebon.
3. Sempel beton menggunakan kubus dengan ukuran 15x15x15cm<sup>3</sup>
4. Karakteristik mutu beton K-225
5. Substitusi prosentase semen pada beton adalah:
  - a. Semen 100%
  - b. Semen 90% + 10% bahan pengganti
  - c. Semen 80% + 20% bahan pengganti
  - d. Semen 70% + 30% bahan pengganti
6. Pengujian kuat tekan beton umur 7, 14, 21 dan 28 hari
7. Tidak membahas tentang reaksi kimia setelah penambahan bahan pengganti dalam beton.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Tira Roesdiana, 2007, melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan *pozzolan* terhadap kuat tekan mortar. Dalam penelitian ini *pozzolan* dipakai adalah *fly ash*, metakaolin, abu sekam, abu ampas tebu dan trass. Sampel mortar dibuat dengan perbandingan berat serta dilakukan penambahan *pozzolan* dengan kadar 10%, 20% dan 30% dari berat semen. Sampel yang digunakan adalah mortar berbentuk kubus dengan dimensi 5x5x5 cm<sup>3</sup>. Setelah umur 28,60

dan 90 hari sampel mortar diuji kuat tekannya. Kuat tekan mortar mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar penambahan *pozzolan* terhadap semen baik pada mortar umur 28; 60 maupun 90 hari. Berdasar hasil analisis regresi, kadar optimum penambahan *fly ash* pada mortar sebesar 11,461% dengan kekuatan maksimum 32,077 MPa; metakaolin sebesar 22,084% dengan kekuatan maksimum 23,298 MPa; abu sekam sebesar 0% dengan kekuatan maksimum 20,670 MPa; abu ampas tebu sebesar 0% dengan kekuatan maksimum 20,670 MPa; trass sebesar 20,500 % dengan kekuatan maksimum 24,888 MPa.

Rifki Wahyu Nugroho, 2011, melakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Pemanfaatan Limbah Gergajian batu Andesit sebagai Substitusi Semen Terhadap Berat Volume Daya Serap Air dan Kuat Tekan Batako" Dalam penelitian ini membandingkan kuat desak batako yang dibuat dari pemanfaatan limbah gergajian batu (perbandingan variasi 5%-30% dari total pengurangan berat semen) dengan kuat desak batako konvensional dengan komposisi campuran semen : pasir : air, dan dicari nilai kuat desak maksimumnya. Hal ini agar dapat mengetahui perbandingan variasi yang tepat antara campuran semen dan limbah gergajian batu tersebut, sehingga di peroleh hasil batako yang mempunyai kuat tekan tinggi, dapat mengurangi penggunaan sebagian semen sehingga sifat ekonomis terpenuhi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin bertambahnya limbah gergajian batu andesit sebagai pengganti sebagian semen nilai kuat tekannya semakin turun namun masih melebihi batas kuat tekan normalnya. Tetapi pada pengujian daya serap air semakin dengan bertambahnya limbah andesit yang digunakan menyebabkan daya serap air pada batako semakin besar karena disebabkan oleh rongga-rongga udara kecil pada batako terisi air. Nilai absorpsi air terbesar terjadi pada variasi 30% sebesar 9,63%. Sedangkan nilai kuat desak optimum terjadi pada variasi 20% sebesar 4,828%. Sehingga pemanfaatan limbah gergajian Andesit sebagai pengurang semen ini hanya dapat digunakan pada kadar optimum 20% saja karena dengan penambahan lebih dari 20% kuat desaknya terus mengalami penurunan.

Beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen Portland, agregat halus, dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan. Beberapa sifat beton yang sering dipakai antara lain kekuatan, berat jenis, modulus elastisitas,

kerapatan air dan ketahanan terhadap ausan, cuaca, zat kimia dan sebagainya. Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah (Tjokrodilmojo, 2007).

Bahan tambah yang dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk mortar adalah material *pozzolan*. *Pozzolan* adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif (Persyaratan Bangunan di Indonesia, PUBI-1982). *Pozzolan* sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus (lolos ayakan 0,21 mm) bereaksi dengan air dan kapur padam pada suhu normal (24-27°C) menjadi massa padat yang tidak larut dalam air. Beberapa bahan *pozzolan* yang dapat digunakan antara lain yaitu abu terbang (*fly ash*), abu sekam, abu ampas tebu, metakaolin, abu batu dan tanah trass.

Kekuatan suatu beton tergantung pada sifat-sifat dasar bahan dasar pembentuknya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan ke dalam cetakan, cara pemadatan dan cara perawatan serta umur pada saat beton tersebut diuji. Kuat tekan adalah perbandingan antara gaya yang bekerja pada suatu benda persatuan luas. Pada penelitian ini kuat tekan benda uji diperoleh dengan cara menganalisis gaya yang didapat setelah benda diuji di laboratorium kemudian dievaluasi menggunakan Persamaan 2.1. berikut :

$$\sigma = \frac{P \max}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

$\sigma_m$  = Kekuatan tekan beton (Mpa).

$P \max$  = Gaya tekan maksimum (N).

$A$  = Luas penampang benda uji beton (mm<sup>2</sup>).

### 3. METODELOGI PENELITIAN

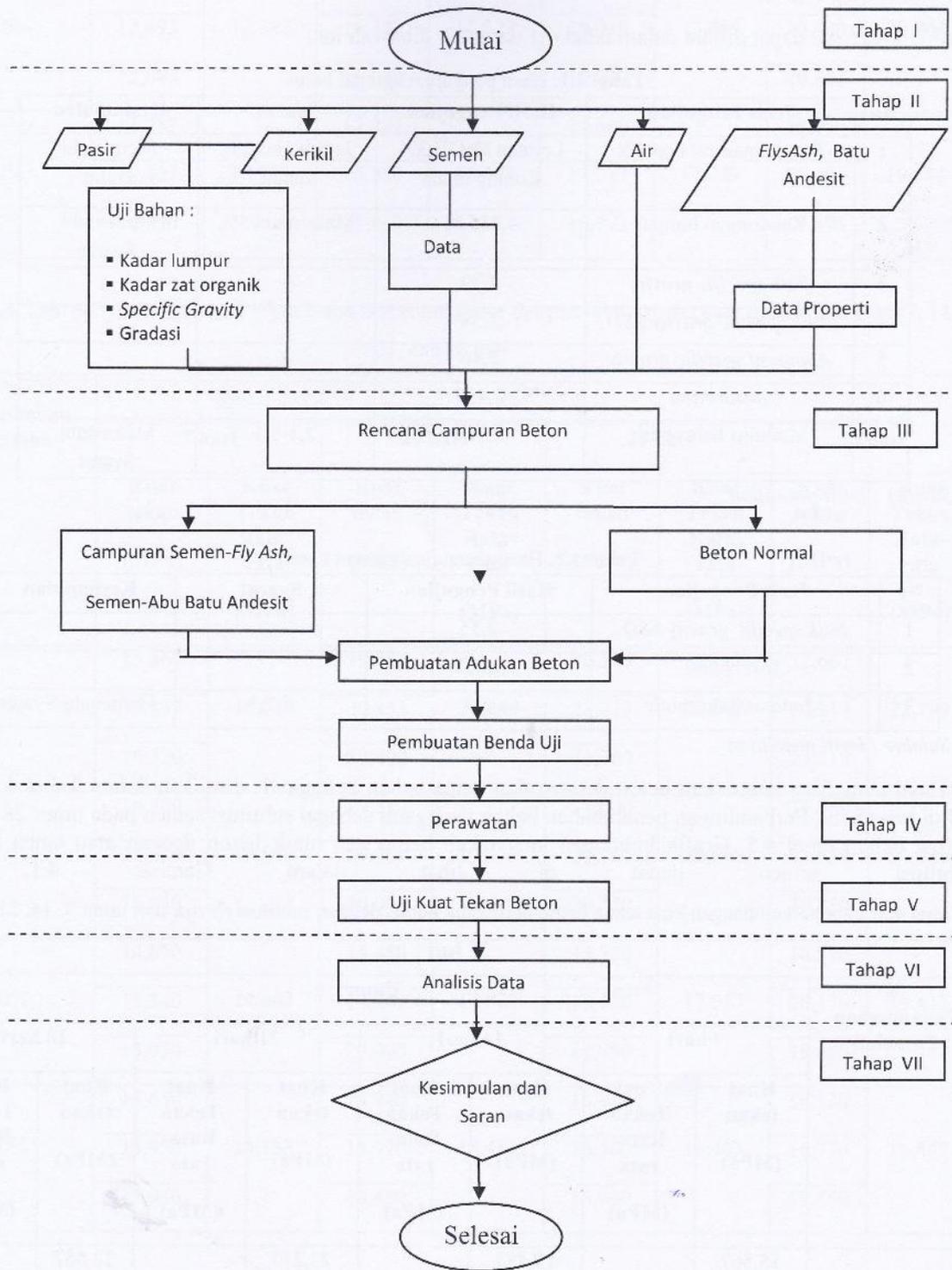
Pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15x15x15cm<sup>3</sup> dengan fungsi waktu dan variasi jumlah penambahan *fly ash* dan abu batu andesit. Untuk mempermudah maka dilakukan pengidentifikasi sampel secara detail dan terperinci dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1. Identifikasi sampel beton berbentuk kubus

% Penambahan Bahan pengganti		Umur Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Kode Sampel
0%		7 hari	3	Kstd-1 (A,B,C)
		14 hari	3	Kstd-2 (A,B,C)
		21 hari	3	Kstd-3 (A,B,C)
		28 hari	3	Kstd-4 (A,B,C)
Fly Ash	10%	7 hari	3	KF 10%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KF 10%-2(A,B,C)
		21 hari	3	KF 10%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KF 10%-4 (A,B,C)
	20%	7 hari	3	KF 20%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KF 20%-2 (A,B,C)
		21 hari	3	KF 20%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KF 20%-4 (A,B,C)
	30%	7 hari	3	KF 30%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KF 30%-2 (A,B,C)
		21 hari	3	KF 30%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KF 30%-4 (A,B,C)
Abu Batu Andesit	10%	7 hari	3	KAb 10%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KAb 10%-2(A,B,C)
		21 hari	3	KAb10%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KAb 10%-4 (A,B,C)
	20%	7 hari	3	KAb 20%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KAb 20%-2(A,B,C)
		21 hari	3	Kab 20%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KAb 20%-4 (A,B,C)
	30%	7 hari	3	KAb 30%-1 (A,B,C)
		14 hari	3	KAb 30%-2(A,B,C)
		21 hari	3	Kab 30%-3 (A,B,C)
		28 hari	3	KAb 30%-4 (A,B,C)

Data yang diharapkan adalah hubungan antara kuat tekan beton beton normal dan beton dengan pengganti pada umur 7,14,21 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compression machine test*).

Tahapan penelitian ini disajikan secara skematis dalam bentuk bagan alir seperti berikut ini :



4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Agregat

Hasil Uji Agregat dapat dilihat dalam tabel 4.1 dan 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.1. Hasil pengujian agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Syarat	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Larutan NaOH 3% Kuning muda	Jernih / kuning muda	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	4,815 %	Maksimum 5%	Memenuhi Syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,79	-	-
4	<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,58	-	-
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,46	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	0,455	-	-
7	Modulus halus butir	2,382	2,3-3,1	Memenuhi Syarat

Sumber : hasil penelitian

Tabel 4.2. Hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Syarat	Kesimpulan
1	<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,55	-	-
2	<i>Absorbtion</i>	0,215	-	-
3	Modulus halus butir	6,3	6-7,1	Memenuhi Syarat

Sumber : hasil penelitian

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan dan tanpa bahan pengganti disajikan dalam Tabel 4.3 dan 4.4 di bawah ini. Perbandingan penambahan bahan pengganti sebagai substitusi semen pada umur 28 dapat dilihat dalam tabel 4.5. Grafik hubungan kuat tekan beton dan umur beton dengan atau tanpa bahan substitusi semen dapat di lihat dalam Gambar 4.1.

Tabel 4.3. Laju perkembangan kuat tekan beton berbentuk kubus dengan substitusi fly ash dari umur 7, 14, 21, dan 28 hari

% Penambahan Pozzolan	Umur							
	7 hari		14 hari		21 hari		28 hari	
	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	15,867	16,018	19,493	20,249	22,213	22,062	22,667	22,799
	15,867		20,853		22,213		22,213	
	16,,320		20,400		217,60		23,518	
10%	13,000	13,098	18,587	18,738	21,760	21,307	24,270	23,853
	13,147		19,493		21,307		24,170	

	13,147		18,133		20,853		23,120	
20%	12,240	12,542	17,227	17,529	18,587	18,889	20,853	20,702
	12,693		16,320		19,040		20,400	
	12,693		19,040		19,040		20,853	
30%	11,787	10,968	17,227	16,471	17,680	17,227	19,040	19,644
	10,427		16,320		17,227		20,400	
	10,690		15,867		16,773		19,493	

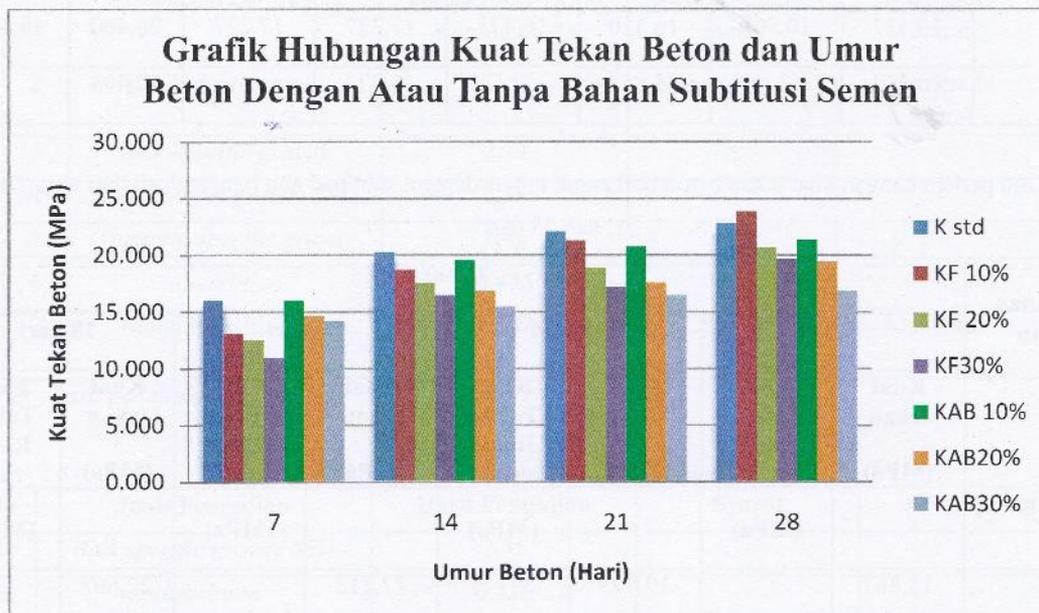
**Tabel 4.4.** Laju perkembangan kuat tekan beton berbentuk kubus dengan substitusi abu batu andesit dari umur 7, 14, 21, dan 28 hari

% Penambahan Pozzolan	Umur							
	7 hari		14 hari		21 hari		28 hari	
	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
0%	15,867	16,018	19,493	20,249	22,213	22,062	22,667	22,799
	15,867		20,853		22,213		22,213	
	16,320		20,400		21,760		23,518	
10%	16,740	16,040	19,580	19,577	21,000	20,760	21,760	21,380
	15,340		19,060		20,760		21,530	
	16,040		20,090		20,520		20,850	
20%	14,650	14,647	15,450	16,827	15,750	17,557	18,590	19,417
	15,340		14,940		18,130		20,170	
	13,950		20,090		18,850		19,490	
30%	14,650	14,183	14,940	15,453	15,990	16,463	16,320	16,847
	13,950		15,970		16,460		16,770	
	13,950		15,450		16,940		17,450	

**Tabel 4.5.** Perbandingan kuat tekan beton berbentuk kubus dengan substitusi *fly ash* dari umur 7, 14, 21, dan 28 hari (prosentasi perbandingan dengan beton normal dengan harga mutlak)

% Bahan Pengganti	Umur/ Kuat Tekan Rata-rata Beton (MPa)							
	7 hari		14 hari		21 hari		28 hari	
Kstd 0%	16,018	-	20,249	-	22,062	-	22,799	-
KF 10%	13,098	-18,2%	18,738	-7,4%	21,307	-3,4%	23,853	4,6%

KF 20%	12,542	-21,7%	17,529	-13,4%	18,889	-14,4%	20,702	-9,2%
KF 30%	10,968	-31,5%	16,471	-18,7%	17,227	-21,9%	19,644	-13,8%
KAb 10%	16,040	0,13%	19,577	-3,3%	20,760	-5,9%	21,380	-6,2%
KAb 20%	14,647	-8,6%	16,827	-16,9%	17,557	-20,3%	19,417	-14,8%
KAb 30%	14,183	-11,5%	15,453	-23,7%	16,463	-25,4%	16,847	-26,1%



**Gambar 4.1.** Grafik hubungan kuat tekan beton dan umur beton dengan atau tanpa bahan subtitusi semen

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahan beton dengan menggunakan fly ash 10% memiliki kuat tekan lebih tinggi sebesar 4,6% terhadap beton normal pada umur 28 hari dan juga masuk dalam kategori beton K225. Sedangkan untuk beton dengan menggunakan abu batu andesit pada umur 28 hari untuk subtitusi 10% memiliki kuat tekan -6,2% jika dibandingkan dengan beton normal, dan seiring dengan bertambahnya pemakaian abu batu andesit nilai kuat tekan beton semakin menurun.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7,14,21 dan 28 hari pada setiap variasi adalah sebagai berikut. Beton normal 16,018 MPa; 20,249 Mpa; 22,062 Mpa dan 22,799 MPa. Beton dengan substitusi *fly ash* 10% 13,098 MPa; 18,738 MPa; 21,307 MPa dan 23,853 MPa. Beton dengan substitusi *fly ash* 20% 12,542 MPa; 17,529 MPa; 18,889 MPa dan 20,702 MPa. Beton dengan substitusi *fly ash* 30% 10,968 MPa; 16,471 MPa; 17,227 MPa dan 19,644 MPa. Beton dengan substitusi abu batu andesit 10% 16,040 MPa; 19,577 MPa; 20,760 MPa dan 21,380 MPa. Beton dengan substitusi abu andesit 20% 14,647 MPa; 16,827 MPa; 17,577 MPa dan 19,417 MPa. Beton dengan substitusi abu andesit 30% 14,183 MPa; 15,453 MPa; 16,463 MPa dan 16,847 MPa.
2. Dari hasil pengujian juga di dapatkan presentasi perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton dengan bahan substitusi semen 10%, 20% dan 30% pada umur 28 hari berturut-turut sebagai berikut. *Fly ash* 4,6%; -9,2%; dan -13,8%. Abu batu andesit -6,2%; -14,8% dan -26,1%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982, *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI)*, Jakarta .
- Anonim. 2002, *Annual Book of ASTM Standarts 2002*. Volume 04.03, USA : ASTM Internasional.
- Anonim. SNI 2493-2011 : Tata Cara Pembuatan dan perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, Badan Standardisasi Nasional 2011.
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/19919/5/Chapter%20I.pdf>
- Laboratorium Teknik Sipil. *Petunjuk Praktikum Ilmu Bahan*, Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon.
- Tira Roesdiana, 2007, *Pengaruh Penambahan Pozzolan Terhadap Kuat Tekan Mortar*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.