

PENGARUH PENAMBAHAN ABU VULKANIK GUNUNG KELUD TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Sadham Panjang Yuswanto¹, Pramudiyanto²

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, FT-UNY
pram@uny.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the chemical content Volcanic Ash Kelud and determine the effect of volcanic ash that has burned at a temperature of 600°C for concrete compressive strength. Testing will be done on the physical properties and chemical composition of the Volcanic Ash content Kelud using Atomic Absorption Spectrometry (AAS) and Gravimetry include the content of Al₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂, H₂O and LO₁. This test refers to ASTM 618-03 and SNI 15-0302-2004. Further testing concrete compressive strength with three cylindrical concrete specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm to 28 days on each variant. The addition of volcanic ash Kelud varied with dose of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% of the weight of cement needed. Data were analyzed with descriptive-quantitative method to determine the feasibility of volcanic ash in concrete production based on the requirements of new chemical elements Pozolan nature. The results showed that of the test sample composition chemical constituents Volcanic Ash Kelud from Pringwulung village, Depok, Sleman qualify as natural Pozolan. The greater the increase percentage of volcanic ash on the weight of the cement, the compressive strength of concrete produced increasingly large, the compressive strength of concrete against any variation on the addition of volcanic ash Kelud 0%, 5%, 10%, 15% and 20% obtained compressive strength average amounted to 34.295 Mpa, 36.731 MPa, 41.881 MPa, 42.767 MPa and 46.947 MPa. Where the maximum compressive strength of the concrete obtained with the addition of volcanic ash of 20% and a minimum compressive strength of the concrete obtained with the addition of volcanic ash at 0% (No Addition).

Keywords: Chemical Ingredients, Concrete Compressive Strength, Volcanic Ash Kelud

PENDAHULUAN

Letusan terakhir Gunung Kelud terjadi pada tanggal 13 februari 2014, hujan abu yang cukup besar tersebut berdampak sampai di Kota Yogyakarta yang hanya menjadikan limbah, seiring dengan berjalannya waktu abu vulkanik mulai diperhitungkan kegunaanya dalam dunia konstruksi salah satunya yaitu sebagai bahan pengganti kebutuhan semen. Pembangunan infrastruktur di Indonesia yang saat ini lebih banyak didominasi dengan pemanfaatan beton sebagai material utamanya. Material-material penyusun beton hingga saat ini masih menggunakan bahan-bahan yang sulit untuk diperbaharui, perlu dipikirkan material-material penyusun beton lain yang baru dan ramah terhadap lingkungan untuk mengurangi jumlah kebutuhan semen. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini yang akan dilakukan adalah uji kuat tekan beton dan dengan melakukan penambahan material dengan abu vulkanik Gunung Kelud. Variasi penggunaan abu vulkanik sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari persentase semen yang digunakan.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*addmixture* atau *additive*) (Tri Mulyono, 2003). Beton banyak digunakan dalam berbagai macam infrastruktur, hal tersebut dikarenakan perawatan yang cukup mudah dan tahan terhadap serangan api. Beton merupakan bahan konstruksi komposit dengan komponen pembentuk utama agregat, semen dan air. Material ini dapat diproduksi dengan berbagai komposisi sehingga memiliki sifat yang bervariasi. Agregat kasar yang digunakan umumnya kerikil atau batu pecah, yang

bersama dengan pasir yang berfungsi sebagai agregat halus akan menempati proporsi volume yang paling dominan. Ruang kosong antar agregat tersebut akan diisi oleh pasta (campuran air dengan semen) yang juga berfungsi sebagai bahan perekat sehingga semua bahan penyusun dapat menyatu menjadi massa yang padat. Air yang dicampurkan dengan semen akan mengeras setelah melalui proses kimiawi yang dikenal sebagai hidrasi hingga akhirnya membentuk material yang kuat menyerupai batuan disebut sebagai beton. Beton memiliki kekuatan tekan yang relatif tinggi, tapi kekuatan tariknya jauh lebih rendah. Tri mulyono (2003) berpendapat, beton sebagai material bahan bangunan buatan manusia mempunyai kelebihan dan kekurangan.

a. Kelebihan beton antara lain:

- 1) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- 2) Mampu memikul beban yang berat.
- 3) Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- 4) Biaya pemeliharaan yang kecil.

b. Kekurangan beton antar lain:

- 1) Beton yang sudah dibuat susah untuk diubah.
- 2) Pelaksanaan pekerjaan memerlukan ketelitian yang tinggi.
- 3) Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa,
- 4) Berat, dan mempunyai daya pantul suara yang besar.

Sifat-sifat beton pada umumnya tidak harus selalu dimiliki pada setiap konstruksi beton, karena sifat-sifat tersebut juga relatif ditinjau dari sudut pemakaian beton itu sendiri. Ada beberapa sifat-sifat umum pada beton, antara lain:

a. Kemampuan Dikerjakan (*Workability*)

Workability merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan. Dimana bahan-bahan beton setelah diaduk bersama menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah di angkut, dituang/dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan penurunan mutu.

b. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan yang dimiliki beton dalam menerima gaya tekan persatuan luas (Tri Mulyono, 2003). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu: faktor air semen dan kepadatan., faktor air semen yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,51. Umur beton, pada pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Jenis semen, jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah *Pozzoland Portland Cement* (PPC). Jumlah semen, jumlah semen disesuaikan dengan berdasarkan kebutuhan standar pembuatan beton ringan. (Badan Standardisasi Nasional. (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SK-SNI-T-15-1990-03. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum). Sifat agregat, agregat yang digunakan yaitu alami dan batu pecah dan cara pelaksanaan pembuatan beton.

Rangkak (*creep*) merupakan penambahan regangan terhadap waktu yang diakibatkan oleh adanya beban yang bekerja. Nilai rangkakan untuk beton mutu tinggi lebih kecil dibandingkan dengan beton mutu rendah. Rangkakan tidak menimbulkan dampak langsung terhadap kekuatan struktur akan tetapi mengakibatkan timbulnya redistribusi tegangan pada beban yang bekerja dan kemudian mengakibatkan terjadinya peningkatan lendutan (Tri Mulyono, 2003). Samekto, Wuryati dan Rahmadiyahanto, Candra. (2001) menjelaskan sifat tahan lama pada beton, merupakan ketahanan beton terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan menjadi beberapa hal yaitu: tahan terhadap pengaruh cuaca, tahan terhadap pengaruh zat kimia, tahan terhadap erosi. Segregasi terjadi karena agregat kasar turun ke bagian bawah pada beton segar atau agregat kasar terpisah dari campuran, yang diakibatkan karena cara penuangan dan pemadatan yang kurang benar. Menurut Paul

Nugraha (2007) beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya segregasi antara lain: ukuran partikel yang lebih besar dari 25 mm, berat jenis agregat kasar yang berbeda dengan agregat halus, kurangnya jumlah material halus dalam campuran, bentuk butir yang tidak rata dan tidak bulat, campuran yang terlalu basah atau terlalu kering.

Bleeding pada biasanya terjadi pada saat beton telah dicetak. Dengan adanya lapisan air yang terbentuk pada permukaan beton maka *bleeding* dapat diamati. *Bleeding* juga umumnya terjadi karena berat jenis semen lebih dari 3 kali berat jenis air, maka butir semen dalam pasta terutama yang cair cenderung turun. Terjadinya *bleeding* dapat diminimalisir dengan menambah semen, memakai semen dengan butir halus (Paul Nugraha, 2007). Seiring dengan bertambahnya umur beton dicetak kuat tekan beton bertambah tinggi. Kuat tekan akan naik melaju dengan cepat kemudian akan melambat. Setelah 28 hari laju kenaikan beton sangat kecil sehingga dianggap sudah tidak mengalami laju kenaikan lagi. Ada beberapa jenis beton yang di klasifikasikan berdasarkan kuat tekan beton:

Tabel 1. Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana (<i>Plain concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 - 30 MPa
Beton prategang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Dalam proses hidrasi beton segar membutuhkan air sekitar 25% dari berat semen yang digunakan, tetapi dalam kenyataan jika nilai faktor air semen kurang dari 35% beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna sehingga setelah mengeras, beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*) agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini akan menguap atau tertinggal di dalam beton sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*) di dalam beton yang sudah mengeras (Slamet Widodo, 2008).

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Untuk beton normal, agregat kira-kira menempati sebanyak 60%-70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan tahapan yang sangat penting karena karakteristik agregat akan berpengaruh besar sifat beton yang telah mengeras. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat, karena bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam berakibat volume pori lebih besar sedangkan bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan mempunyai kemampatan yang tinggi, sehingga bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit dan volume pori yang terdapat dalam beton menjadi minimal.

Semen portland merupakan jenis yang paling umum digunakan dalam dunia konstruksi dewasa ini. Material ini adalah bahan dasar pembuatan beton, mortar dan plaster (acian). Semen portland diperkenalkan dan dipatenkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824. Semen terdiri dari campuran kalsium karbonat, silica, alumina dan oksida besi. Semen portland dibuat dengan pemanasan kapur (sumber kalsium karbonat) dengan tanah liat (sumber silica, alumina dan oksida besi), dimana selanjutnya produk ini digiling (disebut klinker) dan dicampur dengan sumber sulfat (gypsum). Bahan dasar penyusun semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika dan oksida besi. Susunan unsur *portland cement*, dimana oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 2. Susunan Unsur *Portland Cement*

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5 – 6
Magnesia (MgO)	0.5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda / Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0.5 – 1

(Sumber Teknologi Beton; Kardiyono Tjokrodimulyoo, 2007)

Tabel 3. Senyawa Utama *Portland Cement*

Nama Senyawa	Rata-rata (%)
Trikalsium silikat (3CaO.SiO ₂)	50
Dikalsium silikat (2CaO.SiO ₂)	25
Trikalsium aluminat (3CaO.Al ₂ O ₃)	12
TetrakalsiumAluminoferrit (4CaO.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃)	8
Kalsium sulfat dihidrat (CaSO ₄ .2H ₂ O)	3.5

(Sumber Teknologi Beton; Kardiyono Tjokrodimulyoo, 1994)

Penggunaan bahan tambah secara ekstensif dalam produksi beton, Dengan perkembangan teknologi beton telah diperkenalkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton beton. Jenis bahan tambah beton telah mulai dikembangkan, beberapa di antaranya merupakan hasil erupsi gunung berapi (abu vulkanik). Material ini digunakan karena selain memiliki keuntungan ekonomi jual dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Namun, alasan utama penggunaan bahan ini adalah adanya potensi dapat memberikan berbagai manfaat tambahan yang berguna dalam memodifikasi sifat beton agar memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Bahan ini pada umumnya harus memenuhi dua persyaratan umum, yaitu (1) ukuran partikelnya serupa dengan atau lebih kecil dari pasir halus yang lolos saringan no. 30 (0,15 mm), (2) bersifat mengisi rongga udara serta memenuhi persyaratan lain yang berlaku. Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah abu vulkanik dari Gunung Kelud.

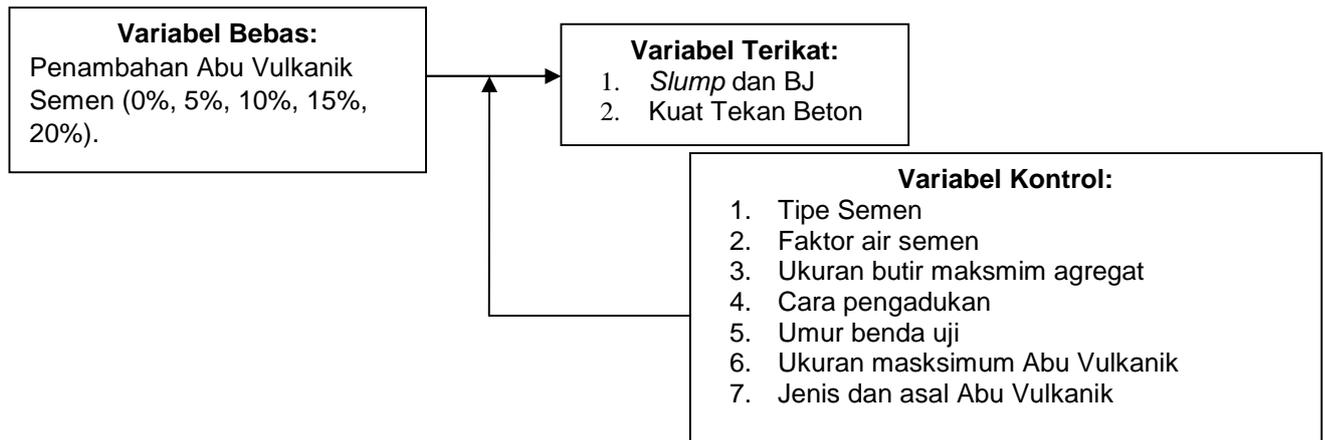
Tabel 4. Kandungan Kimia Abu Vulkanik Gunung Kelud

Kandungan Kimia Abu Vulkanik Gunung Kelud
Silika (Si) 70,6%
Zat Besi (Fe) 1,4-9,3%
Magnesium (Mg) 0,1-2,4%
Kalsium (Ca) 0,7%
Aluminium (Al) 1,8-15,9%
Kalium (K)
Pospor (P)

Sumber: Detail Penelitian Kandungan Abu Vulkanik Gunung Kelud UMY 2014.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen atau penelitian dengan tujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara beton satu dengan yang lain kemudian membandingkan hasilnya atau lebih fokusnya untuk mengetahui pengaruh penambahan abu vulkanik Gunung Kelud yang sudah mengalami pembakaran dengan suhu 600°C terhadap kekuatan pada beton. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian terhadap kuat tekan beton.



Gambar 1. Diagram Hubungan antar Variabel

Dalam proses pembuatan benda uji ada beberapa langkah pekerjaan yang harus dilakukan. Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji yaitu: (1) Menyiapkan alat dan bahan antara lain agregat halus (SSD), agregat kasar (SSD), semen, abu vulkanik dan air yang sudah ditimbang sesuai dengan perancangan mix design, serta menyiapkan juga silinder, molen, kerucut *abrams*, penumbuk, meteran dan kota seng; (2) Untuk penggunaan semen, sebelum digunakan terlebih dahulu dicampur dengan abu vulkanik sebagai bahan tambah semen, kemudian semen diaduk sampai rata dengan abu vulkanik; (3) Kemudian silinder baja yang telah disiapkan dilumasi dengan oli atau minyak, agar beton saat dicetak tidak lengket dan mudah dilepas. Siapkan molen pengaduk dan semua alat yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton; (4) Setelah semua alat dan bahan disiapkan, molen dihidupkan dan bahan campuran beton dimasukkan ke dalam molen secara bertahap; (5) Setelah campuran agregat kasar, agregat halus, semen dan air sudah homogen mesin molen dimatikan kemudian adukan dituang ke kotak seng yang sudah disiapkan di bawah mesin pengaduk, dan pada saat itu dilakukn pengujian *slump*

Setelah beton mencapai umur yang telah direncanakan dimana dalam penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat usia beton 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Compressive Testing Machine* yaitu merupakan mesin tekan yang ada di laboratorium bahan bangunan FT UNY. Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan SNI: 03-1974-1990, benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris, dan mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² perdetik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum membuat benda uji berupa beton silinder yang terdiri dari beberapa bahan berupa agregat halus, agregat kasar, semen dan air serta bahan tambah berupa abu vulkanik, maka bahan-bahan tersebut diuji terlebih dahulu di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Khusus untuk bahan tambah berupa abu vulkanik, diuji di Laboratorium Analitik Kimia UGM, dan kemudian dibakar dengan suhu 600°C di Perusahaan Burat Kriasta. Data-data yang diperoleh dari berbagai pengujian tersebut disusun dan di analisis sebagai susunan dari rangkaian penelitian.

Pengujian pada semen dilakukan dengan mengamati semen secara langsung, yaitu dengan cara mengamati kemasan zak semen dan kondisi semen itu sendiri. Dari pengamatan yang dilakukan dihasilkan bahwa keadaan kemasan zak semen yang digunakan untuk membuat benda uji berada dalam keadaan utuh dan baik kemudian untuk kondisi semen dalam

keadaan tidak menggumpal ataupun mengeras sehingga dapat disimpulkan semen dengan merk Semen Holcim yang digunakan dalam penelitian ini baik dan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Hasil pengujian semen yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung adalah sebagai berikut: Kondisi semen dalam keadaan baik (tidak menggumpal atau mengeras), Keadaan kemasan zak semen dalam keadaan utuh (masih dalam keadaan disegel).

Air yang digunakan pada penelitian ini, yaitu air yang berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Pengujian air dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung dengan mengamati keadaan air. Dari hasil pengamatan disimpulkan bahwa air dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY memenuhi syarat untuk digunakan campuran pembuatan benda uji beton. Ada beberapa pengujian yang harus dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Keterangan	Rata – rata
1	Berat jenis alami	2,631
2	Berat jenis SSD	2,542
3	Kadar air alami	3,716
4	Kadar air SSD	1,01
5	Kadar lumpur	5,049
6	Modulus kehalusan butir	2,813 (zona 2)
7	Bobot isi gembur	1,281
8	Kandungan zat organik sesuai dengan No. 815 Heilige Tester For A. S. M – C-40 masuk dalam kategori nomor 2	

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat kasar dari merapi. Adapun tujuan pengujian agregat kasar adalah sebagai berikut: (1) Berat jenis alami, untuk mengetahui perbandingan massa agregat kasar dan masa air; (2) Kadar air alami, untuk mengetahui berapa persen kandungan air dalam pori agregat kasar; (3) Kadar lumpur, untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat kasar. Kandungan yang diperbolehkan dalam persyaratan tidak boleh melebihi 1,0%, hal tersebut dikarenakan lumpur pada agregat kasar dapat mengurangi pengikatan agregat dengan pasta semen dalam pembuatan beton; (4) Modulus kehalusan butir, untuk untuk mengetahui tingkat kekerasan agregat kasar; (5) Bobot isi gembur, untuk menghitung berat agregat yang dikonversi ke dalam satuan bejana.

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Keterangan	Rata – rata
1	Berat jenis alami	2,343
2	Berat jenis SSD	2,335
3	Kadar air alami	1,047
4	Kadar air SSD	3,240
5	Kadar lumpur	0,680
6	Bobot isi gembur	1,288
7	MKB	670,16

Tabel 7. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Alami (*Los Angeles*)

Keterangan	Jumlah
Berat agregat sebelum di uji (A) gram	5000
Berat agregat yang tertinggal di ayakan (B) gram	2584
Keausan % = $\frac{E}{A} \times 100$ %	50,68

Pengujian abu vulkanik bertujuan untuk mengetahui kandungan kimiawi yang terkandung dalam abu vulkanik. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gajah Mada. Pada pengujian ini menggunakan metode *Atomic Absortion*

Spectrophotometry (AAS) dan *Gravimetry*. Pengujian tersebut meliputi pengujian kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Lol/Hilang Pijar, kelembaban.

Tabel 8. Hasil Pengujian Abu Vulkanik Gunung Kelud

No	Nama Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran			Metode
			I	II	II	
1	Abu Vulkanik Gunung Kelud	Al_2O_3	15,9332	16,2356	16,0844	AAS
2		Fe_2O_3	4,2809	4,3837	4,3323	-
3		SiO_2	64,7164	67,9139	67,1113	-
4		H_2O	2,1028	-	-	Gravimetry
5		LOI	8,7245	-	-	Gravimetry

Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkat, dapat dituang, dapat dipadatkan dan tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan semen dan air dari adukan). Dalam penelitian ini beton segar yang dimaksud adalah beton yang baru dicor (belum mengeras). Pengujian yang dilakukan adalah meneliti nilai *slump* untuk beton segar dari beberapa variasi yang digunakan. Dalam penelitian ini diperoleh hasil nilai *slump* masing-masing variasi dalam penggunaan abu vulkanik dan dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Hasil Pengujian *Slump Test*.

Abu Vulkanik	Fas	Nilai <i>Slump</i> (mm)
0%	0,51	100
5%	0,51	100
10%	0,51	90
15%	0,51	80
20%	0,51	90

Dari hasil pengujian bahan-bahan campuran adukan beton (air, semen, agregat kasar, agregat halus dan abu vulkanik dapat disimpulkan telah memenuhi persyaratan sebagai bahan pembuatan benda uji beton. Penelitian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan material dengan menggunakan abu vulkanik yang telah mengalami proses pembakaran dengan suhu $600^{\circ}C$ terhadap kuat tekan beton. Pada pengujian kuat tekan, pengujian dilakukan dengan membuat sebanyak 15 benda uji beton silinder, dimana pada setiap variasi penambahan material dengan abu vulkanik diperlukan tiga benda uji dengan *mix design* yang sama. Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan dengan variasi penambahan material menggunakan abu vulkanik diperoleh hasil nilai kuat tekan rata-rata seperti terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dengan Penambahan Sebagian Semen menggunakan Abu Vulkanik Gunung Kelud

No	Tanggal dibuat	Variasi Abu Vulkanik	Tanggal diuji	Umur beton (hari)	Beban maksimal (kg) (P)	Luas bidang tekan (cm) (A)	Kuat tekan beton $F_c = P/A$ (MPa)
1	22/08/2014	0%	18/09/2014	28	75000	176,060	42,599
2	22/08/2014	0%	18/09/2014	28	57000	175,609	32,458
3	22/08/2014	0%	18/09/2014	28	49000	176,079	27,828
Rata – rata							34,295
1	01/09/2014	5%	06/10/2014	28	77000	178,514	43,133
2	01/09/2014	5%	06/10/2014	28	56000	175,214	31,960
3	01/09/2014	5%	06/10/2014	28	62000	176,625	35,102
Rata – rata							36,731
1	01/09/2014	10%	06/10/2014	28	80000	172,411	46,400

No	Tanggal dibuat	Variasi Abu Vulkanik	Tanggal diuji	Umur beton (hari)	Beban maksimal (kg) (P)	Luas bidang tekan (cm) (A)	Kuat tekan beton $F_c = P/A$ (MPa)
2	01/09/2014	10%	06/10/2014	28	61000	177,332	34,398
3	01/09/2014	10%	06/10/2014	28	79000	176,154	44,847
Rata – rata							41,881
1	04/09/2014	15%	06/10/2014	28	86000	193,494	44,445
2	04/09/2014	15%	06/10/2014	28	71000	182,561	38,891
3	04/09/2014	15%	06/10/2014	28	79000	172,411	44,967
Rata – rata							42,767
1	04/09/2014	20%	06/10/2014	28	83000	177,332	46,804
2	04/09/2014	20%	06/10/2014	28	80000	168,018	47,613
3	04/09/2014	20%	06/10/2014	28	82000	176,625	46,426
Rata – rata							46,947

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian dilakukan pembahasan secara diskriptif kuantitatif sebagai berikut: (1) Kandungan Kimia yang terdapat Dalam Abu Vulkanik Gunung Kelud. Berdasarkan hasil pengujian bahwa kandungan kimia yang terdapat dalam abu vulkanik memenuhi persyaratan sebagai pozolan alami. Dimana dalam persyaratan kandungan abu vulkanik unsur kimia pozolan kelas N dalam ASTM 618-03 disebutkan unsur Silikon Oksida (SiO_2) + Aluminium Oksida (Al_2O_3) + Ferro Oksida (Fe_2O_3) minimal 70 %, unsur Sulfur Trioksida maksimal 4 %, Kandungan Air maksimal 3 %, Hilang pijar, maksimal 10 %. Sedangkan untuk pengujian kandungan kimia abu vulkanik itu sendiri yang dilakukan oleh pihak Laboratorium Kimia Analitik UGM disimpulkan bahwa unsur Silikon Oksida (SiO_2) + Aluminium Oksida (Al_2O_3) + Ferro Oksida (Fe_2O_3) didalam abu vulkanik yaitu 89,9797 % > 70 %, kandungan air didalam abu vulkanik yaitu 2,0963 % < 3 %, sedangkan hilang pijar didalam abu vulkanik 6,6521% < 10 %. Berikut perbandingan kandungan kimia abu vulkanik dengan persyaratan kimiawi pozolan kelas N.

Tabel 11. Perbandingan Hasil Pengujian Abu Vulkanik Gunung Kelud dengan Persyaratan kimiawi Pozolan

No	Unsur	Kelas N	Abu Vulkanik
1	(SiO_2) + (Al_2O_3) + (Fe_2O_3), min %	70	89,9797
2	H_2O , max %	3	2,0963
3	LOI, max %	10	6,6521

Dari hasil pengujian kandungan kima abu vulkanik dapat diketahui bahwa abu vulkanik termasuk dalam kandungan pozolan alami dan memenuhi syarat sebagai bahan tambah semen dalam pembuatan beton. Perlu diketahui bahwa untuk pengujian kandungan SO_3 dalam abu vulkanik tidak terlaksana hal ini terjadi karena keterbaasan kami pihak peneliti serta pihak-pihak yang bersangkutan dalam hal ini adalah lembaga-lembaga penelitian yang ada di sekitar daerah Yogyakarta. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan sebagian semen menggunakan Abu Vulkanik yang sudah mengalami pembakaran dengan suhu 600°C sangat mempengaruhi nilai dari pada kuat tekan beton itu sendiri. Dimana kuat tekan maksimal didapatakan pada beton dengan penambahan Abu Vulkanik sebesar (20%) yaitu dengan rata-rata kuat tekan 46,947 MPa. Sedangkan kuat tekan minimum didapat pada beton normal tanpa penambahan Abu Vulkanik (0%) yaitu dengan rata-rata kuat tekan 34,295 MPa. Selain itu, dari hasil pengujian terlihat semakin banyak persentase penambahan semen dengan Abu Vulkanik kenaikan kuat tekannya semakin besar. Hal ini dibuktikan dari hasil uji kandungan bahan kimia terhadap Abu Vulkanik Gunung Kelud di laboratorium kimia Universitas

Gadajah Mada yang menunjukkan bahwa kandungan abu vulkanik mempunyai unsur *pozzolan* alami sebagai syarat bahan tambah dalam pencetakan beton.

Pengujian *slump* dalam penelitian ini dilakukan pada setiap pembuatan 3 benda uji dalam 1 variasi penambahan semen menggunakan Abu Vulkanik dilakukan pengujian *slump* satu kali. Dari hasil pengujian *slump* diperoleh nilai *slump* yang semakin rendah seiring dengan penambahan Abu Vulkanik. Nilai *slump* dari beton yang tanpa penambahan abu vulkanik diperoleh 100 mm, untuk variasi penambahan Abu Vulkanik 5 % adalah 100 mm, untuk 10 % adalah 90 mm, untuk 15 % adalah 80 mm, dan untuk 20 % adalah 90 mm. Nilai *slump* berkurang seiring penambahan, hal tersebut karena Abu vulkanik bersifat higroskopis (menyerap air bebas) sehingga mengurangi kelecakan beton.

SIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Hasil pengujian di Laboratorium Kimia Analitik UGM komposisi kimia yang terkandung dalam abu vulkanik memenuhi syarat sebagai *pozzolan* alam; (2) Hasil pengujian penambahan semen dengan abu vulkanik sebesar 0% mempunyai nilai *slump* sebesar 100 mm, 5% mempunyai nilai *slump* 100 mm, 10% mempunyai nilai *slump* sebesar 90 mm, 15% mempunyai nilai *slump* 80 mm dan 20% mempunyai nilai *slump* 80 mm; (3) Hasil pengujian kuat tekan beton, penambahan agregat dengan Abu vulkanik sebesar 0% atau tanpa menggunakan abu vulkanik mempunyai kuat tekan rerata sebesar 34,295 MPa, 5% mempunyai kuat tekan rerata sebesar 36,731 MPa, 10% mempunyai kuat tekan rerata sebesar 41,881 MPa, 15% mempunyai kuat tekan rerata sebesar 42,767 MPa dan 20% mempunyai kuat tekan rerata sebesar 46,947 MPa; (4) Hasil pengujian didapatkan bahwa variasi penambahan semen dengan abu vulkanik yang paling optimal sebesar 20%, atau dengan kuat tekan rerata sebesar 46,947 MPa.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Anonim. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- [2] ASTM. (2003). *ASTM 618-03: Standard Specifation for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural for Use in Concrete*. ASTM Internasioanal.
- [3] Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [4] Nugraha, Paul, 2007, "Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke beton Kinerja Tinggi", Andi Publisher, Yogyakarta.
- [5] Samekto, Wuryati dan Rahmadiyanto, Candra.(2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- [6] Widodo, Slamet. (2008). *Modul Kuliah Struktur Beton I*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Unversitas Negeri Yogyakarta.
- [7] Tjokrodimulyo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.
- [8] Tim Redaksi. (2014). *Manfaat Abu Vulkanik Gunung Kelud*. Diunduh dari www.muhammadiyah.or.id/news-3491-detail-penelitian-umy-abu-vulkanik-gunung-kelud-punya-manfaat-besar.html
- [9] Frick, Heinz Dan Koesmartadi, Ch. (1999). *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius

- [10] Nugraha, Paul dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta : Andi Offset