

PENGARUH PENAMBAHAN DAN PENGGANTIAN PARSIAL SEMEN DENGAN ABU VULKANIK TERHADAP KUAT TEKAN SCC

Retnowati Setioningsih

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
rsetioningsih@yahoo.com

Abstrak

Di beberapa negara, abu vulkanik sering dijadikan sebagai campuran membuat semen dan material beton. Self Compacting Concrete (SCC) dapat didefinisikan sebagai suatu jenis beton yang mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri tanpa proses pemadatan. Pada penelitian ini dibuat eksperimen laboratorium dengan pengujian kuat tekan SCC terhadap material abu vulkanik. Variasi yang digunakan penambahan dan penggantian parsial abu vulkanik 0% sampai dengan 10% dari berat semen, pengujian menggunakan tiga spesimen silinder standar untuk setiap data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan dan penggantian parsial abu vulkanik pada dosis optimum 5% berat semen dapat memperbaiki kuat tekan sebesar 19,06%.

Kata kunci: abu vulkanik, semen, material beton, SCC

Abstract

In some countries, volcanic ash is often used as a mixture of making cement and concrete materials. Self-Compacting Concrete (SCC) can be defined as a type of concrete that flows and becomes solid by utilizing its own weight without the compaction process. This research is a laboratory experiment with SCC compressive strength test on volcanic ash material. Variations used in the addition and replacement of partial volcanic ash 0% to 10% by weight of cement, testing using three standard cylindrical specimens for each data. The test results showed that the addition and replacement of partial volcanic ash at optimum doses of 5% by weight of cement can improve the compressive strength by 19.06%.

Keywords: volcanic ash, cement, concrete material and SCC

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen *Portland*, air, dan agregat (dan kadang – kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non kimia). Semen *Portland* ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan [1].

Berbagai jenis magma yang dihasilkan selama letusan gunung berapi yang paling sering dijelaskan dengan parameter kandungan silikanya. Letusan basal energi rendah (basal yaitu batuan beku berwarna gelap, berbutir halus, yg umumnya merupakan pembekuan lava dari gunung api) menghasilkan abu berwarna gelap khas yang mengandung 45 – 55 % silika yang umumnya kaya akan zat besi dan magnesium [2]. Abu vulkanik yang keluar saat gunung meletus juga bisa menjadi salah satu bahan bangunan. Berbagai jenis batu apung, abu vulkanik akan bercampur dengan pasir dan tanah di sekitar pegunungan. Bahan-bahan ini sering diambil untuk menjadi bahan bangunan. Bahkan di beberapa negara abu vulkanik sering dijadikan bahan campuran untuk membuat semen dan material beton.

Namun, tidak jarang dalam proses pengecoran beton normal sering mengalami kendala yang dikarenakan jarak antar tulangan yang terlalu rapat. Akibatnya terjadi pemisahan antara agregat halus, semen, dan air dengan agregat kasar (segregasi). Oleh karena itu, dalam perjalanannya beton normal terus mengalami perubahan yang disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi yang ada. Salah satunya adalah dengan dikembangkannya beton jenis *Self Compacting Concrete (SCC)*. *Self Compacting Concrete (SCC)* adalah campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). SCC dapat memadat ke setiap sudut dari struktur bangunan dan dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata (*self leveling*) tanpa mengalami bleeding

dan segregasi sehingga dapat meminimalisir adanya air yang masuk ke dalam beton yang dapat menyebabkan karat pada besi tulangan [3].

Salah satu upaya untuk memanfaatkan abu vulkanik agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan yang potensial adalah sebagai bahan tambah dan pengganti semen untuk beton dengan metode *Self Compacting Concrete*. Untuk membuat beton *Self Compacting Concrete* tersebut dapat digunakan bahan tambah, salah satu bahan kimia yang mempengaruhi kemampuan SCC untuk mengalir adalah superplasticizer dan pada penelitian ini sebagai superplasticizer digunakan Sikament[®]NN yang diproduksi PT. Sika Indonesia.

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton SCC akibat penggunaan abu vulkanik sebagai bahan tambah dan pengganti semen dengan persentase 0% sampai dengan 10% dari berat semen.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah : memberikan informasi mengenai kuat tekan beton yang dibuat dengan metode *Self Compacting Concrete* dengan memanfaatkan abu vulkanik sebagai bahan tambah dan pengganti dari semen.

1.3. Rumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yang dapat digunakan sebagai acuan yaitu: bagaimana pengaruh penambahan dan penggantian sebagian berat semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan beton.

Untuk membatasi ruang lingkup permasalahan, maka dalam penelitian ini dibatasi hal-hal sebagai berikut:

- Abu vulkanik yang digunakan adalah abu vulkanik yang berasal dari hasil erupsi Gunung Kelud yang diambil di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dengan variasi 0% sampai dengan 10% dari berat semen dan berfungsi sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam adukan beton. Jumlah masing-masing benda uji 3 buah dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari.
- Air yang digunakan pada campuran beton diambil dari Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, agregat halus yang digunakan adalah agregat asal Merapi, jenis pasir agak kasar dan lolos saringan no. 4, agregat kasar dengan ukuran maksimal 10 mm, yang diambil dari daerah Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta dan semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tipe I merk "Tiga Roda".
- Zat aditif yang digunakan bahan *superplastiziser* yaitu Sikament[®]NN produk PT. Sika Indonesia dengan persentase 1,5% dari berat semen.
- Mutu rencana beton yang digunakan $f'c = 35$ MPa.

2. Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, dengan mengadakan suatu pengujian terhadap beberapa sampel dan model benda uji yang berbentuk silinder terhadap kuat tekan beton SCC dengan menggunakan abu vulkanik sebagai bahan tambah dan pengganti dengan variasi 0% sampai dengan 10% dari berat semen.

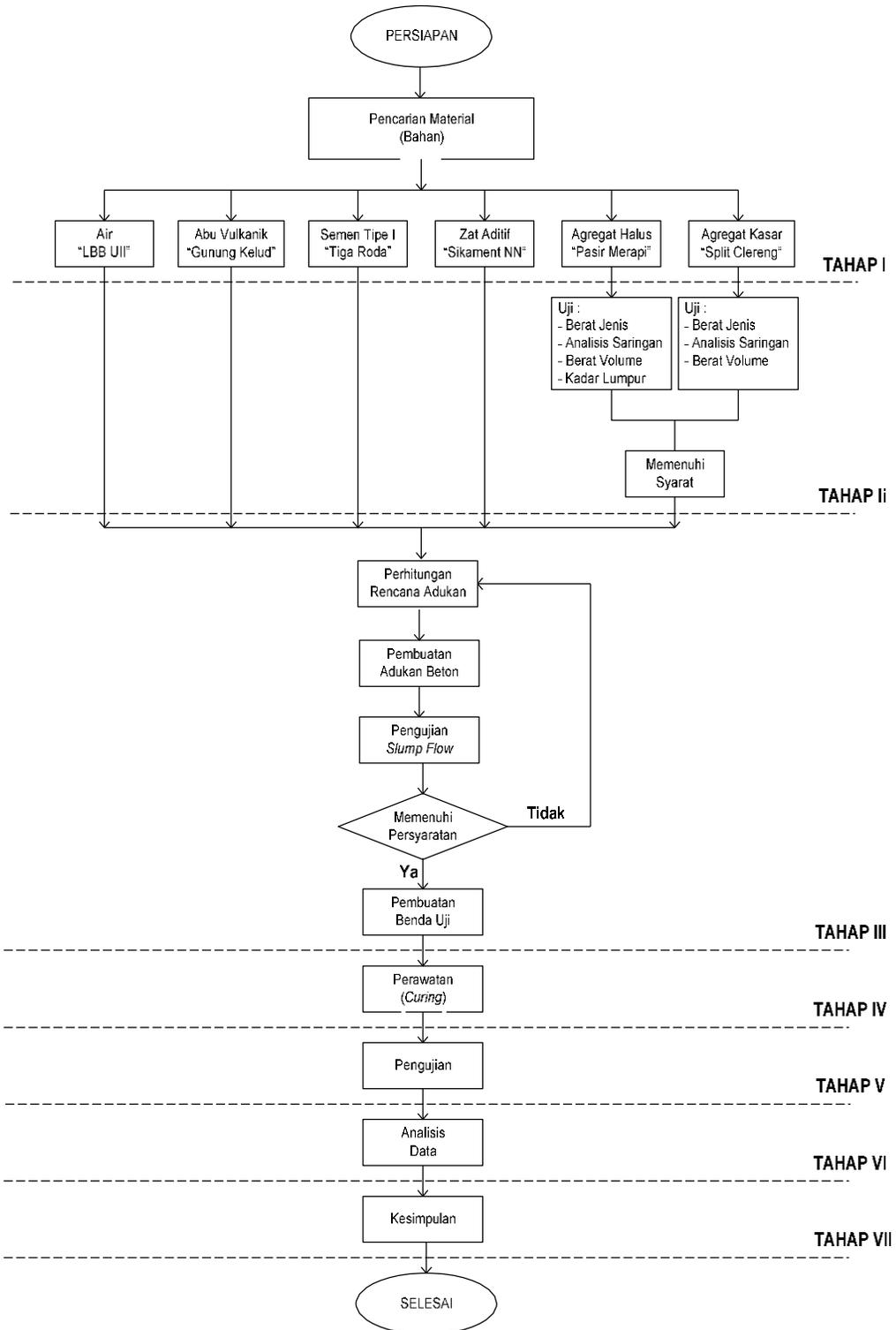
2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian beserta penjelasan singkat akan diuraikan dibawah ini : semen *Portland* tipe I merk "Tiga Roda", pasir Merapi, *split* Clereng, air (Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta), abu vulkanik Gunung Kelud (yang jatuh di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya) dan zat aditif Sikament[®]NN produksi Sika.

Adapun alat – alat yang digunakan selama penelitian ini antara lain : timbangan, mesin penggetar ayakan, satu set ayakan, oven, gelas ukur, kerucut *Abram's*, piknometer, mistar, kaliper, cetakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, alat *caping*, mesin uji tekan, *dialgauge*, mesin molen, cawan, cetok semen, kunci pas, nampun besar, sekop besar, sekop kecil, selang, tang, tabung air dan lain-lain.

2.2. Tahap dan Prosedur Penelitian

Sebagai penelitian ilmiah, maka penelitian ini harus dilaksanakan dalam sistematika dan urutan yang jelas dan teratur sehingga nantinya diperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggungjawabkan. Tahap – tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada **Gambar 1**



Gambar 1.Bagan Alir Tahap-tahap Penelitian

2.3. Perencanaan Komposisi Campuran Beton (*Mix Design*)

Hasil perhitungan komposisi adukan beton normal dapat dilihat pada Tabel 1, untuk *mix design* pada penelitian ini menggunakan acuan beberapa SNI yaitu :

1. SNI 03-2847-2002 mengenai Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung [4] :digunakan untuk penentuan nilai deviasi standar (s), perhitungan nilai tambah (m), penetapan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f_{cr}') dan menentukan faktor air semen (FAS).
2. SNI T-15-1990- 03 mengenai Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal [5]: digunakan untuk langkah-langkah perancangan campuran beton.

Tabel 1. Formulir Perencanaan Adukan Beton Normal

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan	35 MPa pada 28 hari
2	Deviasi standar	-
3	Nilai tambah / margin	8,5 MPa
4	Kuat tekan rata – rata yang direncanakan	$35 + 8,5 = 43,5$ MPa
5	Jenis semen	Semen Portland Tipe I
6	Jenis agregat :	
	• Agregat kasar	Batu pecah (split)
	• Agregat halus	Alami
7	Faktor air semen bebas	0,37
8	Faktor air semen maksimum	0,50
9	Slump	7,5 – 15,0 cm
10	Ukuran agregat maksimum	10 mm
11	Kadar air bebas	$(0,67 \times 225) + (0,33 \times 250) = 233,25$ liter = 233,25 kg
12	Berat semen	$233,25 : 0,37 = 630,405$ kg
13	Kadar semen maksimum	-
14	Kebutuhan semen minimum	275 kg
15	Koreksi kadar semen	-
16	Penyesuaian faktor air semen	-
17	Gradasi agregat halus	Gradasi daerah II
18	Perbandingan agregat halus dan kasar	45 %
19	Berat jenis agregat campuran (SSD)	$0,45(2,247) + 0,55(2,543) = 2,409$
20	Berat jenis beton	2190 kg
21	Kebutuhan agregat	$2190 - (233,25 + 630,405) = 1326,345$ kg
22	Kebutuhan agregat halus	$1326,345 \times 0,45 = 596,855$ kg
23	Kebutuhan agregat kasar	$1326,345 - 596,855 = 729,490$ kg

2.4. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini, dibuat beton SCC dengan variasi 0% sampai dengan 10% dengan bahan tambah abu vulkanik dengan perlakuan uji yang samayaitu uji kuat tekan. Tahapan umum dalam pembuatan beton setelah dilakukan pengujian material (berat jenis dan penyerapan air dan analisa saringan) terhadap material pasir dan kerikil. Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah 33 buah.

2.5. Perawatan (*curing*)

Perawatan dilakukan untuk menjaga permukaan beton selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton ini harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan menjadikan beton kurang kuat dan juga timbul retak – retak. Pada penelitian ini perawatan yang dilakukan dengan cara merendam benda uji didalam air dilakukan sampai dengan 1 hari sebelum dilakukan pengujian.

2.6. Tahap Pengujian

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang jumlah benda ujian 33 buah dan diuji pada umur 28 hari. Pengujian bertujuan untuk mengamati besarnya beban persatuan luas dari beton yang diuji, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu pada mesin uji. Langkah – Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Satu hari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman.

- b. Banda uji diangin-anginkan guna mengeringkan permukaan benda uji.
- c. Timbang dan catat berat serta ukur diameter dan tinggi benda uji, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan.
- d. Sebelum diuji, terlebih dahulu dilakukan proses caping yaitu melapisi permukaan atas silinder beton dengan belerang (dipanaskan sampai mencair) sehingga permukaan benda uji rata. Diamkan sampai belerang kering dan padat.
- e. Letakkan benda uji ditengah mesin secara simetris dengan arah tekan searah tinggi silinder beton tersebut, pembebanan diberikan secara berangsur-angsur oleh mesin secara otomatis sampai benda uji retak dan hancur.
- f. Untuk pengambilan data, dilakukan dengan cara mencatat beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin *compression test*.
- g. Benda uji diamatai keadaan pecahnya untuk pengambilan kesimpulan tentang kebaikan dan keburukan selama proses persiapan, pelaksanaan, perawatan dan pengujian.

2.7. Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta benda uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan atau koreksi antar satu pengujian dengan dengan pengujian lainnya.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Analisis atau Pemeriksaan Agregat Halus / Pasir Merapi

3.1.1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir Merapi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu dan persentase penyerapan air dalam agregat halus atau pasir. Hasil pengujian ini terdapat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir Merapi

Uraian	Sampel
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	462,25
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500,00
Berat piknomometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	971,00
Berat piknomometer berisi air, gram (Bt)	693,50
Berat jenis curah, gram/cm ³ : $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,077
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³ : $500 / (B + 500 - Bt)$	2,247
Berat jenis semu, gram/cm ³ : $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,502
Penyerapan air : $(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$	8,167

Dari hasil pengujian agregat halus (pasir) dari merapi didapat berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,247 gram/cm³ dan kemampuan pasir menyerap air sebesar 8,167 %.

3.1.2. Pemeriksaan Kandungan Lumpur dalam Pasir Merapi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui presentasi kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan. Hasil pengujian terdapat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir Merapi

Uraian	Sampel
Berat agregat kering oven, gram (W1)	500,00
Berat agregat kering oven setelah dicuci, gram (W2)	476,50
Berat yang lolos ayakan No.200 $[(W1 - W2) / W1] \times 100\%$	4,70 %

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBBI – 1982) berat bagian yang lolos ayakan No.200 (0,075) adalah : untuk pasir maksimum kandungan lumpur 5 %. Sehingga pasir yang digunakan pada campuran beton dengan kandungan lumpur 4,70 % memenuhi persyaratan PUBBI – 1982 [6].

3.1.3. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus (MHB) Pasir Merapi

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan saringan. Hasil pengujian terdapat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB) Pasir Merapi

Lubang Ayakan (mm)	Berat (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat Gradasi Pasir Daerah 2 (%)
20,00	-	-	-	-	-
10,00	-	-	-	100,00	100
4,80	113,00	4,685	4,685	95,315	90 – 100
2,40	131,00	5,431	10,116	89,884	75 – 100
1,20	370,00	15,340	25,456	74,544	55 – 90
0,60	618,00	25,622	51,078	48,922	35 – 59
0,30	509,00	21,103	72,181	27,819	08 – 30
0,15	465,00	19,279	91,459	8,541	00 – 10
Sisa	206,00	8,541	-	-	-
Jumlah	2412,00	100,00	254,975	-	-

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{254,975}{100} = 2,550$$

Dari grafik tersebut pasir masuk dalam syarat gradasi daerah 2 (pasir agak kasar) dan modulus halus butir yaitu 2,550 memenuhi persyaratan menurut standart SK SNI S – 04 – 1989 – F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) [7] untuk agregat halus dengan modulus halus butir antara 1,5 – 3,8.

3.2. Analisis atau Pemeriksaan Agregat Kasar / Split Clereng

3.2.1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Split Clereng

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu dan persentase penyerapan air dalam agregat kasar atau split. Hasil pengujian agregat terdapat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Air Split Clereng

Uraian	Sampel
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4849,50
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000,00
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3034,50
Berat jenis curah, gram/cm ³ : Bk / (Bj – Ba)	2,467
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³ : Bj / (Bj – Ba)	2,543
Berat jenis semu, gram/cm ³ : Bk / (Bk – Ba)	2,672
Penyerapan air : (Bj – Bk) / Bk × 100 %	3,102

Dari hasil pengujian *split* yang berasal dari Clereng, Kulon Progo didapat berat jenis 2,543 gram/cm³ dan kemampuan agregat kasar menyerap air sebesar 3,102 %. Agregat kasar (*split*) termasuk agregat normal karena berat jenis kering muka masuk dalam persyaratan antara 2,5 – 2,7 gram/cm³.

3.2.2. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (MHB)

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan. Hasil pengujiannya terdapat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB) / Split Clereng

Lubang Ayakan (mm)	Berat (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat Gradasi Kerikil # 10 mm (%)
40,00	-	-	-	100,00	100
20,00	-	-	-	100,00	100
10,00	2103	41,463	41,463	58,537	50 – 80
4,80	2891	56,999	98,462	1,538	00 – 10
2,40	41	0,808	99,271	0,729	-
1,20	5	0,099	99,369	0,631	-
0,60	0	-	99,369	0,631	-
0,30	0	-	99,369	0,631	-
0,15	0	-	99,369	0,631	-

Sisa	32	0,631	-	-
Jumlah	5072	100	636,672	-
636,672				

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{636,672}{100} = 6,367$$

Dari **Tabel 6** dapat diketahui bahwa agregat tersebut sudah memenuhi syarat gradasi agregat dengan ukuran maksimum 10 mm. Nilai modulus halus butir sebesar 6,367 maka agregat kasar memenuhi persyaratan menurut Standar SNI S – 04 – 1989 – F (spesifikasi bahan bangunan bagian A) [7] untuk agregat kasar dengan modulus halus butir antara 6 – 7,1.

3.3. Perencanaan Komposisi Campuran Beton (Mix Design)

Perhitungan rencana campuran beton (*job mix*) dimaksudkan agar beton yang dihasilkan sesuai dengan mutu beton yang ditargetkan, hasil perencanaannya diperoleh kebutuhan bahan untuk 1 silinder sebagai berikut:

- Ukuran silinder:

$$\begin{aligned} \text{Diameter silinder} &\equiv 15 \text{ cm} \equiv 0,15 \text{ m} \\ \text{Tinggi silinder} &\equiv 30 \text{ cm} \equiv 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

- Volume silinder = $\frac{1}{3} \times \pi r^2 \times 0,3 = 0,005304 \text{ m}^3$

- Kebutuhan bahan untuk 1 silinder

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 233,250 \times 0,005304 = 1,237 \text{ liter} \\ \text{Semen} &= 630,405 \times 0,005304 = 3,344 \text{ kg} \\ \text{Pasir} &= 596,855 \times 0,005304 = 3,166 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} &= 729,490 \times 0,005304 = 3,869 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mix design diatas belum termasuk jumlah abu vulkanik dan Sikament NN yang ditambahkan pada saat pengadukan. Jumlah abu vulkanik yang ditambahkan yaitu 0% sampai dengan 10% dari berat semen serta sebagai pengganti sebagian semen sesuai dengan jumlah abu vulkanik yang ditambahkan pada adukan beton, sedangkan Jumlah Sikament NN adalah 1,5% dari berat semen normal untuk semua variasi penambahan abu vulkanik.

Adapun kebutuhan bahan yang diperlukan setelah ditambahkan abu vulkanik untuk satu silinder dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Kebutuhan Bahan Beton Setelah Ditambahkan Abu Vulkanik

Variasi Abu Vulkanik	Komposisi Bahan Beton					
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Split (kg)	Air (liter)	Abu Vulkanik (kg)	Sikament NN (liter)
0%	3,344	3,166	3,869	1,237	0,000	0,0502
1%	3,311	3,166	3,869	1,237	0,033	0,0502
2%	3,277	3,166	3,869	1,237	0,067	0,0502
3%	3,244	3,166	3,869	1,237	0,100	0,0502
4%	3,210	3,166	3,869	1,237	0,134	0,0502
5%	3,177	3,166	3,869	1,237	0,167	0,0502
6%	3,143	3,166	3,869	1,237	0,201	0,0502
7%	3,110	3,166	3,869	1,237	0,234	0,0502
8%	3,076	3,166	3,869	1,237	0,268	0,0502
9%	3,043	3,166	3,869	1,237	0,301	0,0502
10%	3,010	3,166	3,869	1,237	0,334	0,0502

3.4. Hasil Pengujian dan Analisis Data

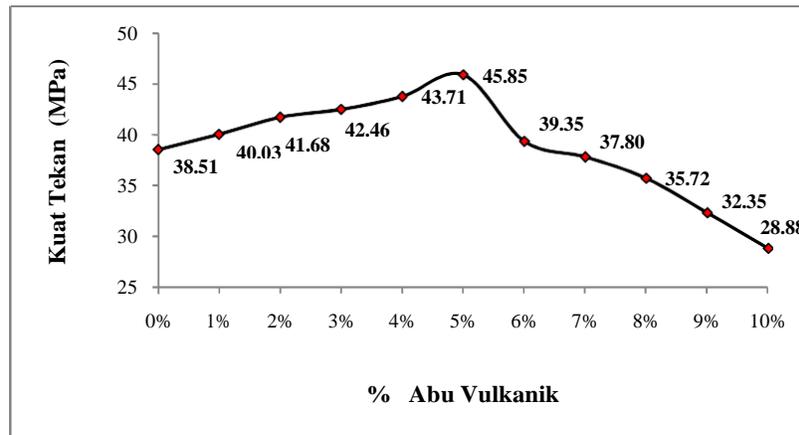
3.4.1. Hasil Pengujian dan Analisis Kuat Tekan Beton

Seluruh pengujian yang dilakukan pada penelitian ini berbentuk silinder beton yang diuji di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Islam Indonesia yang beralamat di Jalan Kaliurang km 14,5 Sleman, Yogyakarta.

Kuat tekan beton diperoleh dengan cara membagi besar beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji dengan luas permukaan benda uji tersebut dan hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Data Benda Uji Silinder Dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kadar Abu Vulkanik	Kode	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	P maks (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata (MPa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)				
0%	Sn-1	146,00	297,50	16748,29	666100	39,77	38,51
	Sn-2	150,00	294,50	17678,57	686300	38,82	
	Sn-3	145,00	295,50	16519,64	610200	36,94	
1%	S1-1	146,50	297,00	16863,20	680700	40,37	40,03
	S1-2	148,50	296,00	17326,77	695640	40,15	
	S1-3	148,50	296,00	17326,77	685640	39,57	
2%	S2-1	148,00	303,00	17210,29	714910	41,54	41,68
	S2-2	150,00	304,00	17678,57	731510	41,38	
	S2-3	148,00	303,00	17210,29	724910	42,12	
3%	S3-1	149,00	301,00	17443,64	742060	42,54	42,46
	S3-2	149,00	295,00	17443,64	737580	42,28	
	S3-3	149,50	295,00	17560,91	747580	42,57	
4%	S4-1	146,00	295,00	16748,29	761440	45,46	43,71
	S4-2	149,50	296,00	17560,91	702960	40,03	
	S4-3	146,00	295,00	16748,29	764440	45,64	
5%	S5-1	145,50	296,00	16633,77	736700	44,29	45,85
	S5-2	149,50	297,50	17560,91	834300	47,51	
	S5-3	147,00	295,00	16978,50	776800	45,75	
6%	S6-1	145,50	298,50	16633,77	776500	46,68	39,35
	S6-2	146,50	296,00	16863,20	625400	37,09	
	S6-3	149,50	299,30	17560,91	602100	34,29	
7%	S7-1	149,50	203,00	17560,91	651500	37,10	37,80
	S7-2	146,50	295,00	16863,20	633300	37,56	
	S7-3	146,50	295,00	16863,20	653300	38,74	
8%	S8-1	150,00	300,00	17678,57	655200	37,06	35,72
	S8-2	148,00	295,00	17210,29	558800	32,47	
	S8-3	150,00	300,00	17678,57	665200	37,63	
9%	S9-1	150,00	293,00	17678,57	574700	32,51	32,35
	S9-2	151,00	299,00	17915,07	553500	30,90	
	S9-3	150,00	293,00	17678,57	594700	33,64	
10%	S10-1	150,00	298,00	17678,57	507500	28,71	28,88
	S10-2	148,00	299,00	17210,29	495900	28,81	
	S10-3	148,00	299,00	17210,29	500900	29,10	



Gambar 2. Kuat Tekan Rerata Beton SCC VS% Abu Vulkanik

Dari **Tabel 9** dapat digambarkan hubungan kuat tekan rata – rata dengan persentase abu vulkanik, disajikan pada **Gambar 2**. Berikut adalah salah satu contoh perhitungan kuat tekan beton menggunakan salah satu sampel benda uji silinder [Sn – 2(28)].

Diketahui data benda uji silinder [Sn – 2(28)]

Diameter (d) = 150,00mm

Tinggi (t) = 294,50mm

Beban Maksimum (P) = 686300N

Menghitung Luas Permukaan Silinder Beton

$$\text{Luas Permukaan (A)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 17671,46 \text{ mm}^2$$

Menghitung Kuat Tekan

$$\text{Kuat Tekan (fc')} = \frac{P}{A} = \frac{686300 \text{ N}}{17671,46 \text{ mm}^2} = 38,84 \text{ MPa}$$

3.5. Pembahasan

Dari Tabel 9 dan Gambar 2 didapat kuat tekan rata - rata beton umur 28 hari yang paling besar adalah beton SCC-5%. Kuat tekan beton SCC-5% yang dihasilkan sebesar 45,85 MPa atau naik sebesar 19,06 % dari beton SCC-0% yang memiliki kuat tekan sebesar 38,51 MPa.

Pengujian yang telah dilakukan juga dapat digunakan untuk mengetahui hubungan variasi penggunaan abu vulkanik terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hubungan Variasi Abu Vulkanik Terhadap Kuat Tekan Beton

Abu Vulkanik	Penggantian Semen (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Peningkatan/Penurunan (%)
0%	0,000	38,51	0,00
1%	0,033	40,03	3,94
2%	0,067	41,68	8,23
3%	0,100	42,46	10,27
4%	0,134	43,71	13,51
5%	0,167	45,85	19,06
6%	0,201	39,35	2,19
7%	0,234	37,80	-1,85
8%	0,268	35,72	-7,25
9%	0,301	32,35	-16,00
10%	0,334	28,88	-25,02

Dari Tabel 10 beton SCC-0% sampai dengan beton SCC-10% dapat dilihat perbedaan kuat tekan *self-compacting concrete* sejalan dengan penggunaan abu vulkanik sebagai *filler*. Pada penggunaan abu vulkanik dengan cara penambahan terlihat kuat tekan beton meningkat sampaidengan beton SCC-6%, setelah itu kuat tekan beton mengalami penurunan.

Peningkatan kuat tekan beton SCC dengan penggunaa abu vulkanik dapat terjadi karena abu vulkanik yang berukuran sangat kecil (lolos saringan 0,075 mm) mampu berperan sebagai *filler* yang mengisi kekosongan rongga-rongga yang terdapat di antara agregat dan pasta semen, sehingga beton keras yang dihasilkan dapat membentuk massa yang lebih kompak dan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi.

Pada penggunaan abu vulkanik 7% mulai terlihat adanya penurunan kuat tekan, hal ini disebabkan karena komposisi abu vulkanik yang ditambahkan sudah melebihi batas idealnya, sehingga dengan volume pasta semen yang sama harus menyelimuti permukaan agregat dan *filler* yang lebih banyak, akibatnya fungsi pasta semen sebagai bahan perekat menjadi kurang efektif dan kuat tekan beton menjadi berkurang.

Peningkatan kuat tekan beton optimum pada beton SCC-5% sebesar 19,06% dari beton SCC-0%, hal ini menunjukkan bahwasannya dengan mengurangi 5% berat semen dan mengganti dengan abu vulkanik terdapat penghematan biaya pembuatan beton.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton yang dihasilkan sampai dengan penambahan dan penggantian abu vulkanik sebesar 6% dari berat semen masih menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan beton SCC tanpa penggantian dan penambahan abu vulkanik. Beton SCC tanpa abu vulkanik sebesar 38,51 MPa dan Beton SCC dengan penambahan dan penggantian abu vulkanik 6% sebesar 39,35 MPa. Peningkatan optimum terdapat pada beton SCC dengan penambahan dan penggantian abu vulkanik 5% yaitu menghasilkan kuat tekan sebesar 45,85 MPa. Jadi beton SCC 0% dan beton SCC 5% terdapat peningkatan kuat tekan sebesar 19,06%.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Abdul Kadir, I Made Darmayadi dan Yoga Gabro Iswanto yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton, Yogyakarta : NAFIRI, 1996 : 5.
- [2] Krisnadwi, 21 Februari 2014 [Online].
<http://bisakimia.com/2014/02/21/semua-tentang-abu-vulkanik>.
- [3] Rizal Efendi, 2016 [Online]
<http://civilexi.blogspot.co.id/2016/10/self-compacting-concrete-scc.html>
- [4] Anonim. 2002. SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- [5] Anonim. 1990. SK SNI T-15-1990-03 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Departemen Pekerjaan Umum Bandung, Bandung.
- [6] Anonim. 1982. Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982). Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 1989. SK SNI S-04-1989-F : Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. Jakarta: BSN.