

TINJAUAN PENGGUNAAN ABU VULKANIK DAN KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN MATERIAL SEMEN PADA KUAT TEKAN BETON

Ariyani, N¹⁾, Alimeleki, L²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

e-mail : niknok@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

ABSTRACT

Concrete is a building material that is relatively widely used. Concrete made from cement, water, sand, and gravel. Cement prices are relatively expensive compared to the aggregate. In this study, volcanic ash and lime is used to partially replace cement material, given the nature pozzolan volcanic ash that can react with lime. In this study are expected by the addition of volcanic ash and lime can increase the compressive strength of concrete and obtain mixing ratio that produces the highest compressive strength.

Normal quality concrete compressive strength planned in this study was 27 MPa. In this study the composition of volcanic ash replacement of cement with 5% lime 25%, 10% volcanic ash lime 20%, 15% volcanic ash lime 15%, 20% volcanic ash lime 10%, and 25% lime ash 5% of the weight cement. Water-cement ratio determined on all variations of the same concrete mix that is of 0.54. Specimens used were cylindrical (30 cm high and 15 cm diameter) of 3 specimens for each variation and testing performed by the concrete compression test after reaching the age of 28 days.

From research to replace as much as 30% of cement with volcanic ash and lime can increase the compressive strength of concrete, the concrete compressive strength concrete mix with highs in the replacement of cement with 15% ash and 15% lime (B3) of 38.065 MPa. On the compressive strength of the mixture is increased by 25.30% against the normal concrete. The increase was due to the addition of volcanic ash percentage balance and percentage additions of lime, so that the reaction occurs pozzolan well.

Key words: Volcanic ash, lime, concrete compressive strength

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang relatif banyak digunakan. Salah satu bahan dasar beton adalah semen. Harga semen relatif mahal, dibandingkan dengan agregat. Untuk itu ada berbagai upaya untuk menekan harga suatu bangunan tapi kekuatan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menggantikan sebagian material semen dengan bahan lain yang dapat menggantikan fungsi semen. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah abu vulkanik dan kapur. Pengurangan semen dan diganti dengan abu vulkanik dan kapur diharapkan kuat tekan tidak mengalami

penurunan bahkan meningkat dari kuat tekan beton yang direncanakan. Standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar SNI dan ASTM. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh abu vulkanik dan kapur untuk menggantikan sebagian material semen terhadap kuat tekan beton dengan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan sebagai salah satu sumber informasi tentang manfaat abu vulkanik dan kapur dan sebagai masukan berharga dalam usaha pengembangan teknologi beton sebagai bahan bangunan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing - masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo, 1992).

Secara umum beton memiliki kelemahan dan kelebihan. Kelemahan dari pada beton adalah bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat dan daya pantul suara yang besar. Sedangkan kelebihan dari pada beton adalah dengan mudah dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan relatif murah. (Tri Mulyono , 2003).

2.2. Semen

Semen adalah bahan yang bersifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Fungsi semen untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir antar agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen juga untuk mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat.

2.2.1. Jenis-jenis semen

Secara umum semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu: semen non-hidrolik dan semen hidrolik. Semen non-hidrolik adalah semen yang tidak dapat mengeras dan mengikat dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Semen hidrolik adalah semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras dalam air. Semen portland

merupakan salah satu contoh dari semen hidrolis. Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton.

2.2.2. Jenis-jenis semen portland

Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia [Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F)] dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

- Jenis I Semen Portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
- Jenis II Semen portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III Semen portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV Semen portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
- Jenis V Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). Air yang dapat diminum umumnya dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang akan dihasilkan. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum.

2.4. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton.

Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting.

Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm (Standar ASTM), dan agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati bentuk kubus), bersih, keras, kuat dan gradasi baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi, dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca.

2.5. Abu vulkanik (*volcanic fly ash*)

Abu vulkanik diperoleh dari letusan gunung merapi. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozollanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Secara umum komposisi abu vulkanik terdiri atas silika dan kuarsa. Abu vulkanik memiliki berat satuan 1,9 gr/cm³. Komposisi yang dominan pada abu vulkani merapi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Karakteristik abu vulkanik merapi

Nama Unsur	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)
SiO ₂	54,56	54,61
Al ₂ O ₃	18,37	18,68
Fe ₂ O ₃	8,59	8,43
CaO	8,33	8,31
MgO	2,45	2,17
Na ₂ O	3,62	3,82
K ₂ O	2,32	2,23
MnO	0,17	0,17
TiO ₂	0,92	0,91
P ₂ O ₅	0,32	0,3
H ₂ O	0,11	0,12
HD	0,2	0,18

Sumber: Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), 1994 Yogyakarta (Dorce 2012).

2.6. Kapur

Kapur untuk bahan adukan berfungsi sebagai bahan pengikat. Pada umumnya kapur yang ada di Indonesia adalah kapur yang mengeras di udara, yang berasal dari pegunungan batu kapur, kulit-kulit kerang, karang dan lain-lainnya.

2.7. Perancangan Campuran Adukan Beton (Beton Normal)

Perancangan adukan beton (beton normal) dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yang sesuai dengan bahan dasar yang tersedia, serta keinginan pembuat bangunan, antara lain: kuat tekannya sesuai dengan yang disyaratkan, mudah dikerjakan, awet dan murah. Adapun langkah-langkah pokok cara perancangan campuran adukan beton normal menurut “Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK.SNI.T-15-1990-03).

III. LANDASAN TEORI

3.1. Landasan Teori

Kelebihan daripada beton adalah sifat kuat tekan yang tinggi. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat bahan lain. Artinya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat bahan yang terkandung dalam beton tersebut juga baik. Adapun alasan pemilihan abu vulkanik dan kapur sebagai pengganti sebagian semen adalah: abu vulkanik memiliki sifat pozollan dan dapat bereaksi dengan kapur dan kapur mudah didapatkan dan harga terjangkau.

3.2. Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Kuat tekan beton dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan f'_c = kuat tekan beton (kg/cm²), P = beban (kg), dan A = luas penampang benda uji (cm²).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Penyelidikan Bahan Susun

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk membuat benda uji terlebih dahulu diselidiki untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan tersebut dan selanjutnya dapat diketahui apakah bahan-bahan tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan. Sifat-sifat bahan susun agregat halus dan kasar yang perlu diselidiki terlebih dahulu adalah gradasi, berat jenis, berat satuan volume, dan kandungan lumpur agregat yang dipergunakan. Selanjutnya, agregat dikondisikan untuk memenuhi persyaratan *SSD (Saturated and Surface Dry)* atau jenuh kering muka.

4.2. Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen Portland type I merk Gresik kemasan 40 kg, agregat kasar (split), agregat halus (pasir), abu vulkanik (lolos ayakan #200) berasal dari Gunung Merapi, kapur padam, dan air. Peralatan yang digunakan adalah :

- a. Alat uji gradasi agregat, satu set saringan dan mesin ayakan.
- b. Alat pemeriksaan berat jenis agregat, piknometer dan oven.
- c. Alat pemeriksaan berat satuan volume agregat, kerucut SSD dan penumbuk dengan diameter 10 mm dan panjang 30 mm.
- d. Alat cetak beton, satu set alat cetak berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, *vibrator* alat penggetar, mesin pengaduk (molen).
- e. Alat uji *slump* kerucut Abrams dengan diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm dan tinggi 30 cm dan pelat baja sebagai alas.
- f. Alat uji kuat tekan beton, mesin uji desak *Indotest* dengan kapasitas 100 ton.
- g. Alat-alat bantu, penggaris, sekop, karung, kain lap, timbangan, cawan, bak air, dan lainnya.

4.3. Perhitungan bahan susun

Untuk mendapatkan banyaknya bahan yang akan digunakan, maka perlu dilakukan perhitungan bahan susun sebelum dilakukan pencampuran/pengadukan. Langkah-langkah perhitungan bahan susun dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perhitungan bahan susun campuran beton

No	Uraian	Table/Grafik/ Perhitungan	Nilai
1	Deviasi standar (S)	Tabel 2.12	7 MPa
2	Nilai tambah (m)	Tabel 2.13	7 MPa
3	Kuat tekan beton yang disyaratkan	Ditetapkan	20 MPa
4	Kuat tekan rata-rata perlu	(2)+(3)	7+20 = 27 MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Portland
6	Jenis agregat, Agregat kasar Agregat halus	Ditetapkan	Alami Batu pecah
7	Factor air semen	Gambar 2.7	0,54
8	Nilai slump	Gambar 2.13	10 cm
9	Ukuran maksimum butir agregat	Hasil uji	40 mm
10	Kebutuhan air per m ³ beton	Tabel 2.14	175 lt
11	Kebutuhan semen per m ³	(10)/(7)	175/0,54= 324 kg
12	Jenis agregat halus	Hasil uji	Gol. II
13	Proporsi berat agregat halus terhadap campuran	Hasil uji	40%
14	Berat jenis agregat campuran	Ditetapkan	2,6
15	Perkiraan berat beton per m ³	Gambar 2.9	2377 kg
16	Kebutuhan agregat campuran per m ³ beton	(15)-(10)-(11)	2377 – 175 - 324 = 1878 kg
17	Kebutuhan agregat halus per m ³ beton	*Kh * (16)	0,4 * 1878 = 751,2 kg
18	Kebutuhan agregat kasar per m ³ beton	**Kk * (16)	0,6 * 1878 = 1126,8 kg

Keterangan:

*) Kh : persentase agregat halus terhadap agregat campuran

***) Kk : persentase agregat kasar terhadap agregat campuran.

Dari perhitungan pada Tabel 4.1 di atas diperoleh kebutuhan bahan yang dipergunakan untuk 1 m³ beton seperti tercantum dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kebutuhan bahan susun untuk volume 1m³.

Rencana pembuatan beton		Kebutuhan bahan dasar beton			
Volume	Berat	Semen	Air	Ag. Halus	Ag. Kasar
1 m ³	2377 kg *)	324 kg	175 lt	751,2 kg	1126,8 kg
Perbandingan	7,34	1	0,54	2,32	3,48

Perhitungan banyaknya bahan yang diperlukan untuk benda uji dengan ukuran $d = 15$ cm dan $t = 30$ cm dengan volume $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 15^2 \cdot 30 = 5301,44 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3$ dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan untuk 3 buah benda uji pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3. Kebutuhan bahan untuk benda uji beton normal

Jenis bahan	Kebutuhan bahan untuk 1 benda uji	Kebutuhan bahan untuk 3 benda uji
Semen	$324 \times 0,0053 = 1,717 \text{ kg}$	$1717 \times 3 = 5,151 \text{ kg}$
Air	$175 \times 0,0053 = 0,928 \text{ lt}$	$928 \times 3 = 2,784 \text{ lt}$
Pasir	$751,2 \times 0,0053 = 2,981 \text{ kg}$	$2981 \times 3 = 11,943 \text{ kg}$
Kerikil	$1126,8 \times 0,0053 = 5,972 \text{ kg}$	$5972 \times 3 = 17,916 \text{ kg}$

Tabel 4.4. Kebutuhan bahan susun untuk 3 benda uji

Kode	Abu vulkanik (gr)	Kapur (kg)	Semen (gr)	Air (cc)	Pasir (gr)	Kerikil (gr)
BN	0	0	5151	2784	11943	17916
B1	257,55	1287,75	3605,7	2784	11943	17916
B2	515,1	1030,2	3605,7	2784	11943	17916
B3	772,65	772,65	3605,7	2784	11943	17916
B4	1030,2	515,1	3605,7	2784	11943	17916
B5	1287,75	257,55	3605,7	2784	11943	17916
Jumlah	3863,25	3863,25	23179,5	16704	71658	107496

Pada penelitian ini yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Benda uji berbentuk silinder, faktor air semen 0,54 dan ukuran agregat kasar maksimum 40 mm. Beton yang dibuat yaitu beton normal dengan mutu beton rencana $f'c = 20 \text{ MPa}$ dan dengan penambahan abu vulkanik dan kapur untuk mengurangi sebagian material semen. Variasi campuran beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut ini.

Tabel 4.1. Variasi campuran beton

Kode	Variasi		Jumlah sampel
	Abu vulkanik (%)	Kapur (%)	
BN	0	0	3
B1	5	25	3
B2	10	20	3
B3	15	15	3
B4	20	10	3
B5	25	5	3

4.4. Pengujian *Slump* dan Perawatan

Setelah didapatkan proporsi bahan-bahan yang akan digunakan maka langkah selanjutnya yaitu pengadukan dengan cara sebagai berikutn :

- a. Bahan susun ditimbang sesuai dengan yang dibutuhkan.
- b. Bahan-bahan tersebut diaduk hingga homogen (dalam pengadukan ini dilakukan dengan menggunakan *mollen*).
- c. Setelah diaduk, campuran beton yang sudah homogen dicetak dalam cetakan silinder.

Sebelum dilakukan pencetakan, terlebih dahulu dilakukan pengujian *slump* untuk mengetahui tingkat kelecakan (cair atau kental) dengan cara seperti berikut ini :

- a. Adukan yang telah siap dicetak dimasukkan dalam kerucut *Abram* dengan ukuran $\frac{1}{3}$ dari tinggi kerucut tersebut.
- b. Tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Penumbukan ini dapat dilakukan dengan tumbukan biasa atau besi dan *vibrator*.
- c. Didiamkan selama 60 detik kemudian kerucut ditarik ke atas.
- d. Penurunan permukaan adukan diukur kemudian dicatat.

Setelah proses pengadukan dan pengujian *slump*, beton tinggal dicetak dengan langkah-langkah seperti berikut.

- a. Sebelum beton dicetak, alat cetak dibersihkan terlebih dahulu dan dioleskan dengan minyak untuk memudahkan pelepasan cetakan terhadap benda uji.
- b. Adukan dimasukkan dalam cetakan hingga $\frac{1}{3}$ dari tingginya cetakan kemudian ditusuk tiap lapisan.
- c. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan cetok.
- d. Benda uji didiamkan selama 24 jam kemudian dilepaskan dari cetakan.
- e. Dilakukan pemberian nama di tiap benda uji.
- f. Benda uji direndam dalam air hingga 28 hari untuk perawatan.

4.5. Pengujian

Setelah 28 hari, benda uji silinder beton tersebut siap untuk diuji dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Sebelum diuji kuat tekan, terlebih dahulu benda uji ditimbang kemudian dicatat untuk mengetahui berat beton tersebut.
- b. Benda uji ditekan hingga retak-retak atau tidak mampu menahan tekanan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan digital dengan kapasitas maksimum 100 ton.
- c. Dari hasil yang telah diperoleh tersebut maka diketahui berapa kuat tekan yang dapat ditahan oleh beton tersebut. Kuat tekan diperoleh dengan membagi beban yang menyebabkan benda uji retak dengan luas tampang benda uji.

V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

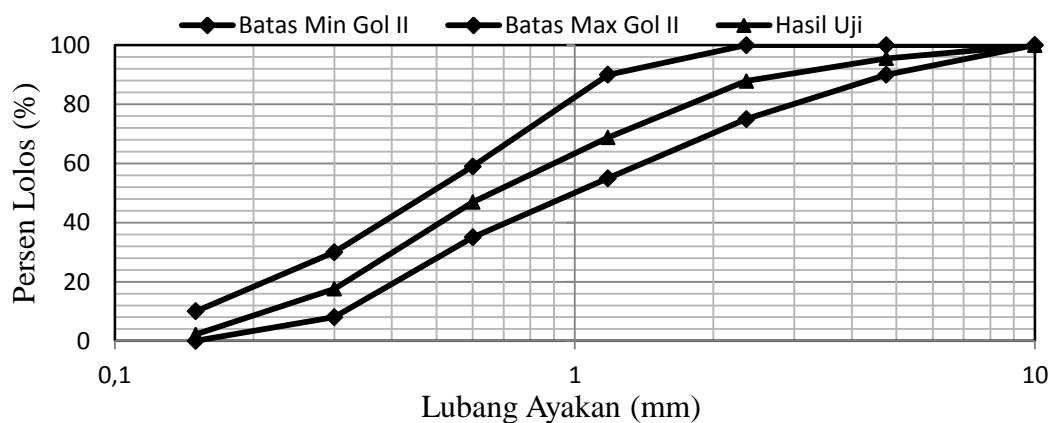
5.1. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Hasil pemeriksaan terhadap agregat halus dan kasar selengkapnya disajikan pada Tabel 5.1 dan hasil pemeriksaan modulus halus butir agregat campuran dan hasil pengujian

slump disajikan pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3. Pemeriksaan kadar lumpur yang ada pada agregat halus/pasir adalah 3,1 % dan penurunan pasir dalam keadaan SSD adalah 9 cm dari keadaan sebelumnya. Kurva gradasi agregat halus dan kasar ditunjukkan pada 5.1 dan 5.2 dan kurva gradasi agregat campuran ditunjukkan pada Gambar 5.3.

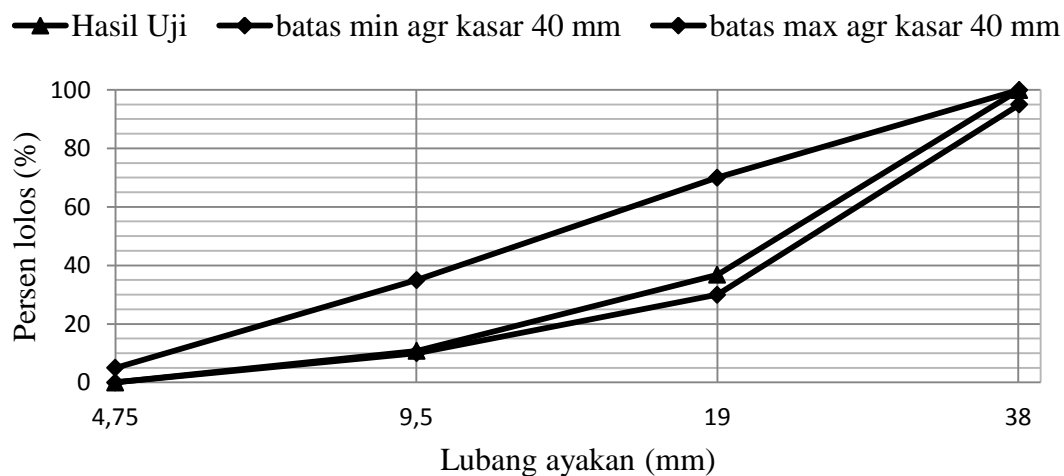
Tabel 5.1. Hasil pemeriksaan agregat.

Pemeriksaan	Hasil	
	Agregat kasar	Agregat halus
Gradasi	Daerah butir lewat ayakan 40 mm	Daerah agak kasar (golongan II)
Modulus halus butir	2,811	7,524
Kadar air	3,09 %	1,375 %
Berat satuan	1,29 gr/cm ³	1,72 gr/cm ³
Berat jenis		
a. BJ curah	2,05	2,47
b. BJ SSD	2,11	2,54
c. BJ semu	2,18	2,65
d. Penyerapan	2,87 %	2,70 %



Gambar 5.1. Kurva gradasi agregat halus

S

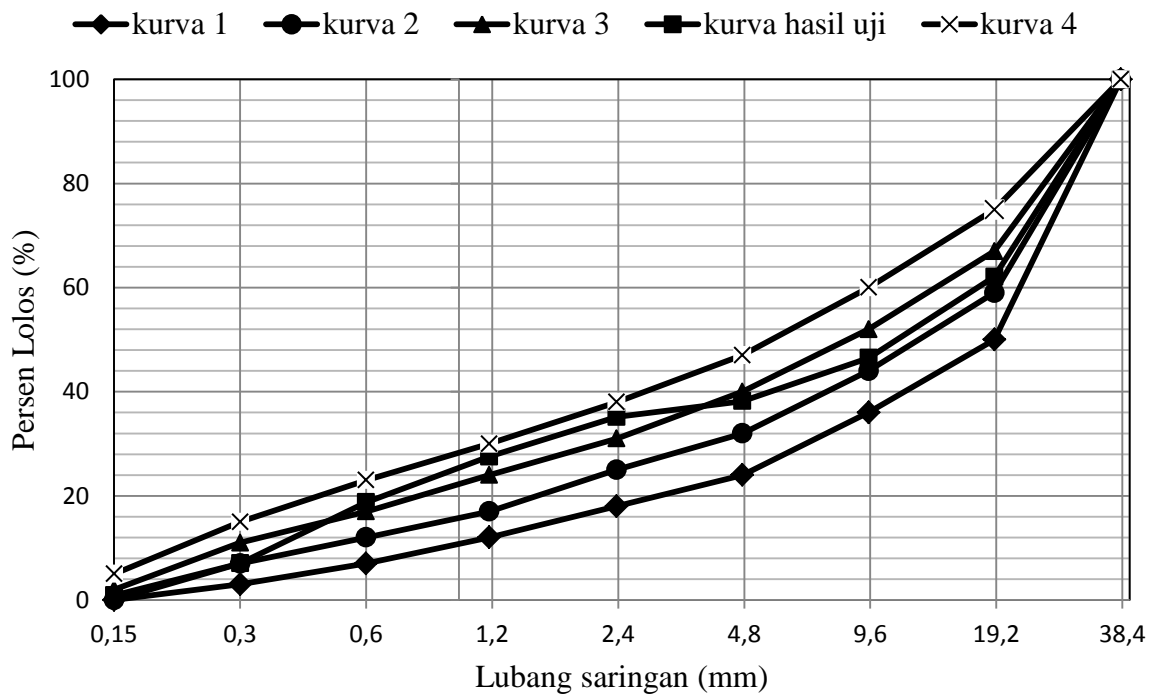


Gambar 5.2. Kurva gradasi agregat kasar daerah butir lewat lubang ayakan 40 m

Tabel 5.2. Hasil pemeriksaan modulus halus butir agregat campuran

Lubang ayakan (mm)	% lolos pasir	% lolos kerikil	(2)x40%	(3)x60%	Jumlah % lolos (4)+(5)	% tertahan kumulatif 100-(6)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
38.1	100	100	40	60	100	0
19	100	36.8	40	22.08	62.08	37.92
9.51	100	10.8	40	6.48	46.48	53.52
4.75	95.5	0	38.2	0	38.2	61.8
2.38	87.9	0	35.16	0	35.16	64.84
1.18	68.8	0	27.52	0	27.52	72.48
0.6	46.9	0	18.76	0	18.76	81.24
0.3	17.6	0	7.04	0	7.04	92.96
0.15	2.2	0	0.88	0	0.88	99.12
sisa	0	0	0	0	0	--
Jumlah						563.88
Modulus halus butir agregat campuran = 563.88/100 = 5,64						

Kurva gradasi agregat campuran ini, dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Kurva gradasi agregat campuran dengan butir maksimum 40 mm

Tabel 5.3. Hasil pemeriksaan *slump*

Kode	BN (cm)	B1 (cm)	B2 (cm)	B3 (cm)	B4 (cm)	B5 (cm)
Percobaan I	7	8	8	5	7	5,5
Percobaan II	5	8	7	7	12	9
Percobaan III	6,5	7	7,5	6	7,5	10,5
Rata-rata	6,17	7,67	7,5	6	8,83	8,33

5.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat uji kuat tekan hidrolis berkapasitas 100 T. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan penimbangan benda uji untuk mengetahui berat masing-masing benda uji. Hasil pengujian kuat tekan beton seperti disajikan pada Tabel 5.4. berikut ini

Tabel 5.4. Hasil pengujian kuat tekan benda uji

Kode	V (cm ³)	Berat (gr)	γ (gr/cm ³)	γ rata2 (gr/cm ³)	Beban max (KN)	Beban max (kg)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan (Mpa)	Kuat tekan rata2 (Mpa)	Penurunan/peningkatan kuat tekan dari kuat tekan beton normal
BN1	5301,438	12455	2,349	2,354	529	53942,659	305,253	29,935	29,954	
BN2	5301,438	12550	2,367		531	54146,601	306,406	30,048		
BN3	5301,438	12440	2,347		528	53840,688	304,675	29,878		
B11	5301,438	12295	2,319	2,318	469	47824,399	270,630	26,539	26,369	Penurunan sebesar 3,585 MPa atau sekitar 11,97 %
B12	5301,438	12277	2,316		471	48028,341	271,784	26,653		
B13	5301,438	12275	2,315		458	46702,718	264,283	25,917		
B21	5301,438	12300	2,320	2,329	588	59958,948	339,298	33,274	32,538	Peningkatan sebesar 2,584 MPa atau sekitar 7,84%
B22	5301,438	12307	2,322		573	58429,383	330,642	32,425		
B23	5301,438	12446	2,348		564	57511,644	325,449	31,916		
B31	5301,438	12419	2,343	2,335	665	67810,715	383,729	37,631	38,065	Peningkatan sebesar 8,111 MPa atau sekitar 25,30%
B32	5301,438	12369	2,333		681	69442,251	392,962	38,5361		
B33	5301,438	12354	2,330		672	68524,512	387,769	38,027		
B41	5301,438	12502	2,358	2,352	575	58633,325	331,796	32,538	31,916	Peningkatan sebesar 1,962 MPa atau sekitar 6,15%
B42	5301,438	12449	2,348		550	56084,05	317,370	31,124		
B43	5301,438	12454	2,349		567	57817,557	327,179	32,085		
B51	5301,438	12550	2,371	2,353	538	54860,398	310,446	30,444	30,143	Peningkatan sebesar 0,189 MPa atau sekitar 0,63%
B52	5301,438	12450	2,354		545	55574,195	314,485	30,840		
B53	5301,438	12431	2,345		515	52515,065	297,174	29,143		

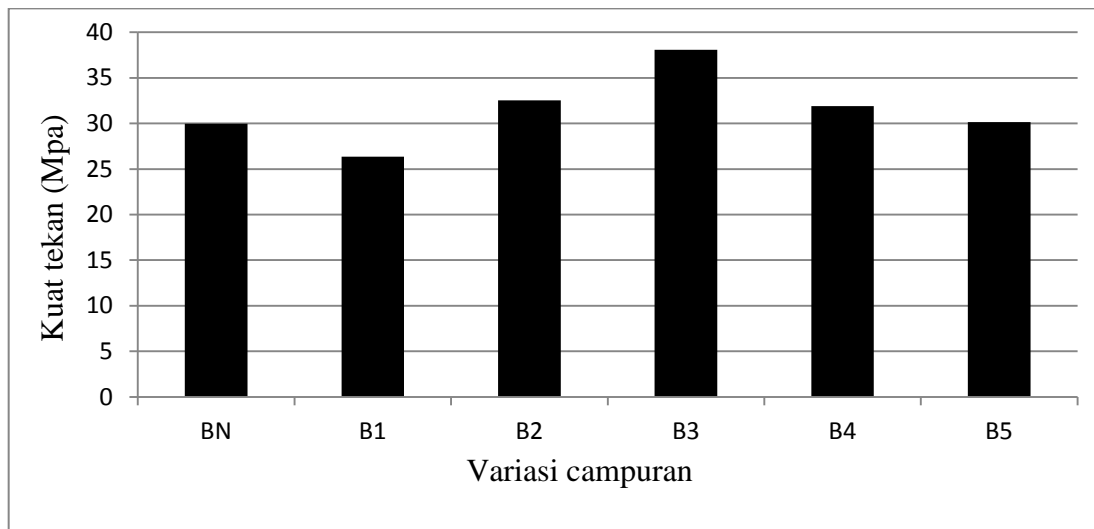
Catatan:

1 kN = 101,971 kg. ; 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa

5.3. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada benda uji menunjukkan bahwa adanya peningkatan dan penurunan kuat tekan yang diakibatkan oleh adanya variasi penambahan abu vulkanik dan kapur. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan rata-rata beton normal (BN) adalah 29,954 MPa. Nilai ini lebih tinggi dari kuat tekan rata-rata yang direncanakan yaitu 27 MPa. Dengan perhitungan yang baik dan tepat maka kuat tekan yang dihasilkan akan lebih baik juga. Perkiraan berat satuan beton adalah 2377 kg/m^3 sedangkan hasil dari penelitian diperoleh berat satuan rata-rata beton adalah 2354 kg/m^3 , nilai ini mendekati perkiraan.

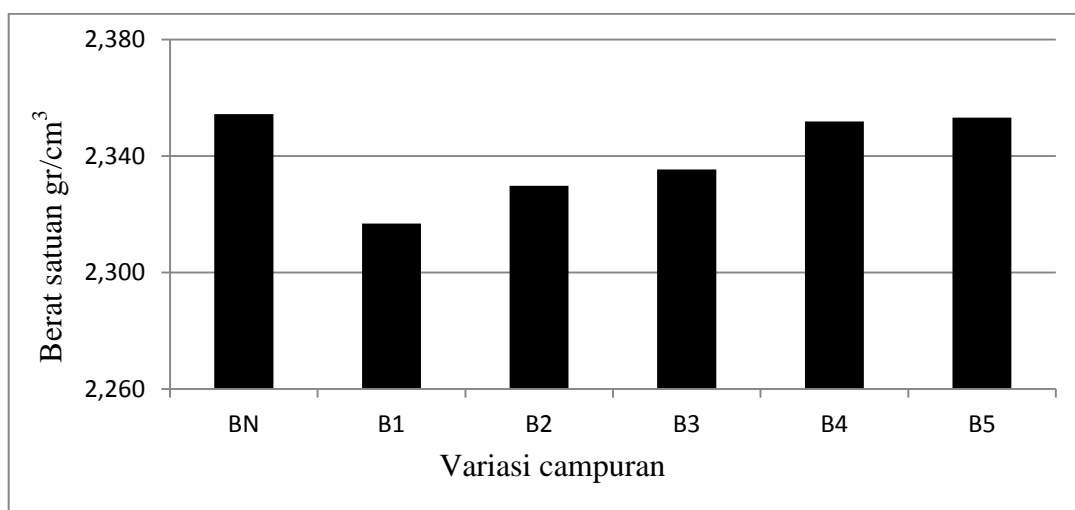
Dari kelima variasi campuran dengan penambahan abu vulkanik dan kapur diketahui terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan perbandingan penambahan antara abu vulkanik dan kapur. Hubungan antara kuat tekan beton dengan variasi campuran seperti terlihat pada Gambar 5.4. Pada penambahan persentase abu vulkanik dan pengurangan persentase kapur, kuat tekan semakin meningkat tetapi ada nilai maksimum, yaitu pada saat persentase penambahan abu vulkanik sama dengan persentase penambahan kapur, demikian juga sebaliknya bila persentase penambahan abu terlalu banyak dan tidak diimbangi dengan persentase penambahan kapur nilai kuat tekan semakin berkurang. Juga diketahui, penambahan abu vulkanik dan kapur, berat satuan beton menurun.



Gambar 5.4. Kurva pengaruh penambahan abu vulkanik dan kapur terhadap kuat tekan

Terjadinya peningkatan kuat tekan beton karena abu vulkanik bersifat pozollan yang dapat bereaksi dengan kapur. Bila persentase penambahan kapur banyak tetapi tidak

diimbangi dengan persentase penambahan abu vulkanik ataupun sebaliknya, maka kuat tekan beton akan menurun, hal ini disebabkan karena campuran tidak dapat bereaksi dengan baik, seperti terlihat pada campuran dengan persentase penambahan abu vulkanik 5% dan kapur 25% maupun pada persentase penambahan abu vulkanik 25% dan kapur 5% tidak meningkatkan kuat tekan. Pada penelitian ini, persentase campuran kapur dan abu vulkanik yang seimbang akan mendapatkan kuat tekan beton yang tinggi yaitu pada campuran abu vulkanik 15% dan kapur 15% (B3), peningkatan kuat tekan pada campuran ini sebesar 25,30% terhadap kuat tekan beton normal



Gambar 5.5. Kurva pengaruh penambahan abu vulkanik dan kapur terhadap berat satuan beton normal

Dari Gambar 5.5. di atas, diketahui bahwa dengan adanya penambahan kapur dan abu vulkanik, berat satuan B1, B2, B3, B4 dan B5 lebih ringan dari berat satuan beton normal (BN). Terjadinya penurunan tersebut, karena berat satuan abu vulkanik dan kapur lebih ringan dari berat satuan semen, tetapi penurunan ini tidak terlalu signifikan. Nilai berat satuan benda uji berkisar antara 2,32 gr/cm³-2,35 gr/cm³.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

- a. Pengurangan semen sebesar 30% dan diganti dengan abu vulkanik dan kapur, kuat tekan beton yang diperoleh lebih tinggi dari kuat tekan beton normal yang telah direncanakan.

- b. Kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran dengan penambahan abu vulkanik 15% dan kapur 15% yaitu sebesar 38,538 MPa atau meningkat sekitar 25,30% dari campuran beton normal.
- c. Kuat tekan paling rendah terdapat pada campuran dengan penambahan abu vulkanik 5% dan kapur 25% yaitu sebesar 26, 369 MPa, nilai ini hampir sama dengan nilai kuat tekan beton yang direncanakan.
- d. Penambahan abu vulkanik dan kapur juga menurunkan berat satuan beton.

6.2. Saran

Perlu penelitian dengan jumlah benda uji yang lebih banyak dan persentase penambahan abu vulkanik dan kapur yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

http://sipil.ft.uns.ac.id/index.php?option=com_content&task=view&id=194&Itemid=1

Astanto, Triono Budi., 2001, *Konstruksi Beton Bertulang*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Luser, D, 2012, *Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Merapi Terhadap Kuat Tekan Beton*, Skripsi, Fakultas Teknik UKRIM (Tidak dipublikasikan)

Soetjipto, dan Prawiroharjo,I., 1978, *Konstruksi Beton I*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta

Tjokrodinuljo, Kardiyono, 2007, *Teknologi Beton*, Buku Ajaran Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Tumilar, Steffie, 2012, *Perencanaan dan Kriteria Penerimaan Mutu Beton Menurut SNI 03-2847-201X*, HAKI, Yogyakarta.

Wangsadinata, Wiratman, dkk, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.