

STUDI EKSPERIMENTAL ABU VULKANIK SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

Morgan S. Lamotokana¹, S. I. Latuconsina² dan Suriyani Adek³

^{1,2}Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pattimura

³Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pattimura

ABSTRAK

Penggunaan material semen dalam industri konstruksi terus menerus meningkat dari tahun ke tahun dan peningkatan ini berakibat pada meningkatnya gas buangan CO₂ di alam yang berakibat pada pembentukan efek rumah kaca. Dalam rangka mengeliminasi pengaruh buruk terhadap lingkungan, substitusi parsial semen dengan abu vulkanik dalam proses pembuatan beton menjadi alternatif yang dapat menghasilkan material konstruksi yang ramah lingkungan tanpa mengurangi kekuatan utama yang baik dan umur panjang beton. Dalam penelitian ini jumlah abu vulkanik yang berasal dari Gunung Api Banda sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton dibuat menjadi beberapa variasi yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30%. Dengan mutu rencana beton normal sebesar 24 MPa, tiap variasi yang dibuat berbentuk silinder diuji kuat tekan pada umur 28 hari untuk mengetahui pengaruh dari penggantian sebagian semen dengan abu vulkanik. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi ada pada variasi abu vulkanik 0% yaitu 21,04 MPa. Sedangkan substitusi maksimum abu vulkanik ada pada variasi 10% yaitu 20,95 MPa. Tidak tercapainya mutu rencana dan nilai kuat tekan beton tertinggi yang terlihat belum meningkat secara signifikan kemungkinan disebabkan karena penggunaan abu vulkanik mengurangi jumlah semen sehingga menambah jumlah agregat halus. Dalam hal ini abu vulkanik bersifat sebagai filler bukan sebagai bahan ikat.

Kata-kata kunci: abu vulkanik, substitusi parsial, kuat tekan, beton normal.

1. Pendahuluan

Bahan utama campuran beton adalah agregat halus, agregat kasar, air, dan semen. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat antar butir-butir agregat agar terbentuk suatu massa yang kompak dan padat. Akan tetapi, penggunaan semen akhir-akhir ini banyak dipertanyakan terutama oleh ahli lingkungan. Dimana, produksi satu ton dari semen disertai sekitar satu ton emisi gas CO₂, yaitu salah satu gas yang merupakan penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim.

Pada industri semen, gas CO₂ dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan akibat reaksi kimia pada proses kalsinasi bahan baku pembuatan semen. Data dari departemen survei geologi Amerika Serikat menyatakan bahwa produksi semen secara global bertanggung jawab atas 4 milyar pound CO₂ pada tahun 2017 saja dan menurut badan energi internasional, industri semen adalah penyumbang sekitar 7% emisi gas rumah kaca.

Demi menanggulangi permasalahan tersebut, banyak penelitian telah dilakukan dalam upaya menghasilkan beton ramah lingkungan

yang diharapkan dapat mengurangi penggunaan semen jenis portland dengan bahan semen tambahan seperti *fly ash*, slag tanur tinggi, dan abu vulkanik (Massazza 2004; Sun et al 2006; Lothenbach et al 2011), dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ yang berhubungan dengan produksi semen Portland, sambil menghasilkan kekuatan utama yang baik dan umur panjang, bahkan di zona pasang surut (Massazza 1985; Mehta 1990; Thomas et al 2012).

Sebagai negara yang mempunyai gunung api aktif terbanyak di dunia, yaitu lebih dari 30% dari gunung aktif dunia berada di Indonesia, salah satunya gunung Api Banda. Maka potensi pozzolan alam terbesar di dunia, yaitu abu vulkanik yang keluar akibat letusan gunung api yang hingga saat ini belum memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat perlu dimaksimalkan pemanfaatannya sebagai material substitusi semen.

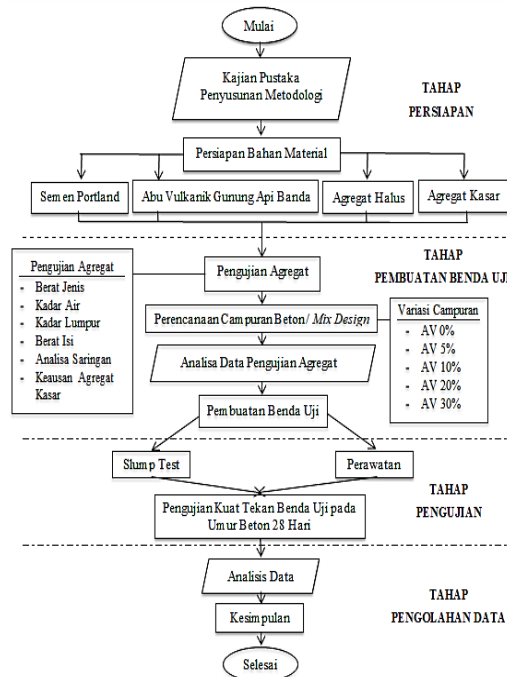
Bertolak dari uraian latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh abu vulkanik sebagai bahan substitusi parsial

1. Dosen Teknik Sipil FATEK Universitas Pattimura

2. Mahasiswa

semen terhadap sifat fisis beton segar dan kuat tekan beton normal.

2. Metode Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

2.1 Tahap Persiapan

Penelitian diawali dengan studi pustaka baik Standar Indonesia SNI maupun standar asing yaitu ASTM serta mempersiapkan bahan dan alat uji penelitian.

2.2 Tahap Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini material akan dipersiapkan dan dilakukan pengujian agregat. Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui kelayakan karakteristik bahan penyusun beton yang nantinya akan digunakan dalam rancangan campuran.

- Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2008).
- Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969:2008).
- Kadar Air Agregat Halus dan Kasar (SNI 1965:2008).
- Kadar Lumpur agregat Halus dan Kasar (SNI 03-4141-1996).
- Berat Isi dan Porositas Agregat Halus dan Kasar ASTM (C 29M-97).
- Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968- 1990).

- Keausan Agregat Kasar (SNI 2417:2008).

Setelah itu, perencanaan campuran dihitung berdasarkan dengan perbandingan tertentu sesuai standar SNI. Tata cara ini berguna untuk merencanakan proporsi campuran beton untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana.

2.3 Tahap Pengujian

Sebelum dilakukan pencetakan masing-masing campuran, terlebih dahulu dilakukan pengujian *slump* dan pengamatan *bleeding* sedangkan pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah masing-masing benda uji berumur 28 hari setelah sebelumnya dilakukan pemeliharaan/perawatan.

2.4 Tahap Pengolahan Data

Hasil dari pengujian adalah berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Agregat

- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Table 1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

Uraian	Nilai	Sat
Berat benda uji kering oven 500 gr (BK)	483	gr
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	gr
Berat piknometer diisi air (25°C) (B)	796	gr
Berat piknometer + benda uji SSD + air (25°C) (BT)	1075	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>) $\frac{BK}{B+SSD-BT}$	2,186	
Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{SSD}{B+SSD-BT}$	2,262	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>) $\frac{BK}{B+BK-BT}$	2,368	
Penyerapan (<i>Absorption</i>) $\frac{SSD-BK}{BK} \times 100$	3,520	

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh berat jenis SSD sebesar 2,262. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SNI-03-1970-1990 yaitu 2,2 - 2,7, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 3,52%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering permukaan sebesar 3,52% dari berat kering agregat itu sendiri

b. Kadar Air Agregat Halus

Table 2. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Uraian	Nilai	Sat
Berat cawan	12,80	gr
Berat cawan + tanah basah	39,67	gr
Berat cawan + tanah kering	36,54	gr
Berat air (D = B-C)	3,13	gr
Berat tanah kering (E = C-A)	23,74	gr
Kadar air $F = \frac{D}{E} \times 100\%$	13,21	%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kadar air sebesar 13,21%. Nilai ini lebih besar dari penyerapan air yaitu 3,52% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (13,21% - 3,52%) = 9,69%.

c. Kadar Lumpur Agregat Halus

Table 3. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.

Uraian	Nilai	Sat
Berat Sampel agregat kering oven (sebelum dicuci)	1000	gr
Berat Sampel agregat kering oven (Setelah dicuci)	973	gr
Kadar Lumpur $(A-B)/B \times 100\%$	2,77	%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kadar lumpur sebesar 2,77%. Nilai ini masih berada

dalam batas yang 53 diijinkan menurut SNI S-04-1989-F yaitu maksimal 5%, sehingga agregat tidak perlu dicuci sebelum pengadukan.

d. Berat Isi dan Porositas Agregat Halus

Table 4. Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus.

Lepas/Gembur	Nilai	Sat
Berat tempat + Benda Uji	5,110	kg
Berat tempat	0,798	kg
berat benda uji (C = A-B)	4,312	kg
Berat isi tempat	2,995	m ³
Berat isi benda uji (E = C/D)	1,440	gr/cm ³

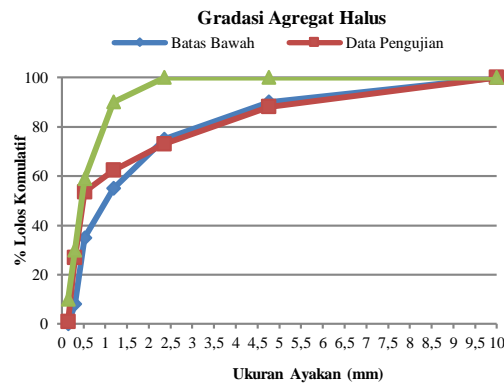
Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh berat isi lepas sebesar 1,440 gr/cm³. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII 0052-80 yaitu minimal 1,2 gr/cm³.

Table 5. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus.

Padat	Nilai	Sat
Berat tempat + Benda Uji	5,514	kg
Berat tempat	0,798	kg
berat benda uji (C = A-B)	4,716	kg
Berat isi tempat	2,995	m ³
Berat isi benda uji (E = C/D)	1,574	gr/cm ³

Sedangkan, diperoleh berat isi padat sebesar 1,574 gr/cm³. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII 0052-80 yaitu minimal 1,2 gr/cm³.

e. Analisa Saringan Agregat Halus



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Halus Pada Zona 2.

Table 6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.

saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat Tertahan
4,750	298	11,92
2,360	376	15,04
1,180	267	10,68
0,600	218	8,72
0,300	668	26,72
0,150	649	25,96
Pan	24	0,96
%Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif	Spesifikasi Zona 2
11,92	88,08	90 - 100
26,96	73,04	75 - 100
37,64	62,36	55 - 90
46,36	53,64	35 - 59

g. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Table 8. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Uraian	Nilai	Sat
Berat benda uji kering oven (BK)	4934	gr
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	5066	gr
berat benda uji di dalam air (BA)	3134	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>) $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,554	
Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,622	

73,08	26,92	8 - 30
99,04	0,96	0 - 10
100	0	0

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh Modulus Kehalusan (FM) sebesar 2,95%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SNI S-04-1989-F yaitu 1,5 – 3,8 %, sehingga agregat tersebut berada pada zona 2.

f. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Table 7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Uraian	Nilai	Sat
Berat benda uji kering oven (BK)	4934	gr
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	5066	gr
berat benda uji di dalam air (BA)	3134	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>) $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,554	
Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,622	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>) $\frac{BK}{BK-BA}$	2,741	
Penyerapan (<i>Absorption</i>) $\frac{BJ-BK}{BK} \times 100$	2,675	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>) $\frac{BK}{BK-BA}$	2,741	
Penyerapan (<i>Absorption</i>) $\frac{BJ-BK}{BK} \times 100$	2,675	

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh berat jenis SSD sebesar 2,622. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SNI-03-1970-1990 yaitu 2,2 - 2,7, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2.675%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering permukaan sebesar 2,675%.

h. Kadar Air Agregat Kasar

Table 9. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.

Uraian	Nilai	Sat
Berat cawan + agregat basah	500	gr
Berat cawan + agregat kering	487	gr
Berat air (D = B-C)	13	gr
Berat tanah kering (E = C-A)	487	gr
Kadar air $F = \frac{D}{E} \times 100\%$	2,669	%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kadar air sebesar 2,669%. Nilai ini lebih kecil dari penyerapan air yaitu 2,675%, maka agregat dalam keadaan kering.

i. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Table 10. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Uraian	Nilai	Sat
Berat Sampel agregat kering oven (sebelum dicuci)	1000	gr
Berat Sampel agregat kering oven (Setelah dicuci)	992	gr
Kadar Lumpur $(A-B)/B \times 100\%$	0,81	%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kadar lumpur sebesar 0,81%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII 0052-80 yaitu maksimal 1%, sehingga agregat tidak perlu dicuci sebelum pengadukan.

j. Berat Isi dan Porositas Agregat Kasar

Table 11. Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar.

Lepas/Gembur	Nilai	Sat
Berat tempat + Benda Uji	19,725	kg
Berat tempat	6,796	kg
berat benda uji (C = A-B)	12,929	kg
Berat isi tempat	9,666	m ³
Berat isi benda uji (E = C/D)	1,338	gr/cm ³

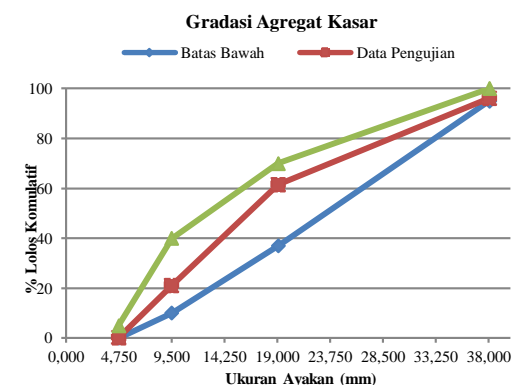
Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh berat isi lepas sebesar 1,338 gr/cm³. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII 0052-80 yaitu minimal 1,2 gr/cm³.

Table 12. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar.

Padat	Nilai	Sat
Berat tempat + Benda Uji	21,340	kg
Berat tempat	6,796	kg
berat benda uji (C = A-B)	14,544	kg
Berat isi tempat	9,666	m ³
Berat isi benda uji (E = C/D)	1,505	gr/cm ³

Sedangkan, berat isi padat sebesar 1,505 gr/cm³. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII No.52-1980 yaitu minimal 1,2 gr/cm

k. Analisa Saringan Agregat Kasar



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Kasar.

Table 13. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.

saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Berat Tertahan
38,100	195	3,90
19,100	1732	34,64
9,520	2023	40,46
4,750	1048	20,96
2,360	0	0,00
1,180	0	0,00
0,600	0	0,00
0,300	0	0,00

0,150	0	0,00
Pan	2	0,04
%Tertahan Kumulatif	%Lolos Kumulatif	Spesifikasi Zona Uk. Maks 40
3,90	96,10	95 - 100
38,54	61,46	37 - 70
79,00	21,00	10 - 40
99,96	0,04	0 - 5
99,96	0,04	-
99,96	0,04	-
99,96	0,04	-
99,96	0,04	-
99,96	0,04	-
100	0	-

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh Modulus Kehalusan (FM) sebesar 7,212%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan menurut SII 0052-80 yaitu 5,0 – 8,8 %, sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

1. Keausan Agregat Kasar

Table 14. Hasil Pengujian keausan Agregat Kasar.

Ukuran Saringan		Berat (gr)
Lolos	Tertahan	
76,2 (3")	63,5 (2½")	0
63,5 (2½")	50,8 (2")	0
50,8 (2")	36,1 (1½")	0
38,1 (1½")	25,4 (1")	195
19,1 (¾")	12,7 (½")	1732
9,52 (3/8")	6,35 (¼")	2023
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)	1048
pan		2
Berat Total (a)		5000
Berat Tertahan Saringan No.12 (b)		4245

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai keausan sebesar 15,1%. Menurut SNI 03-

2417-1991, nilai keausan agregat yang baik untuk digunakan dalam konstruksi adalah kurang dari 40%, sehingga benda uji merupakan agregat yang baik digunakan dalam konstruksi.

3.2 Kebutuhan Material

Mengacu pada metode SNI 03-2834-2000, komposisi perencanaan campuran beton normal f'c 24 MPa diperoleh sebagai berikut:

Table 15. Komposisi Campuran.

(Kg)	Kebutuhan an/m ³	+ margin 5%	Koreksi Campuran
Semen	394,23	19,71	413,94
Air	205	10,25	215,25
AH	630,29	31,51	52,52
AK	1050,48	661,8	1103

1 Pc : 0,52 Air : 1,60 AH : 2,67 AK

Berdasarkan Tabel 15. Komposisi Campuran, maka kebutuhan bahan setiap variasi dapat dihitung sebagai berikut.

Table 16. kebutuhan bahan setiap variasi.

No	1	2	3	4	5
Variasi Campuran	AV 0%	AV 5%	AV 10%	AV 20%	AV 30%
Semen (kg)	8,55	8,13	7,70	6,84	5,99
AV (kg)	-	0,43	0,86	1,71	2,57
Air (kg)	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
AH (kg)	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68
AK (kg)	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79

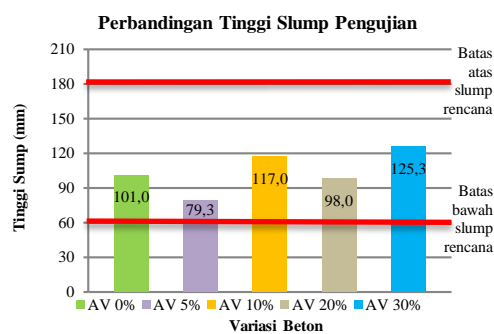
4.1 Slump Test

Table 17. Hasil Pengujian Slump.

No	Variasi Campuran	Tinggi Slump Rata-rata (mm)	Air (ltr)
1	AV 0%	101	4,36
2	AV 5%	79,3	4,36
3	AV 10%	117	4,56

4	AV 20%	98	4,40
5	AV 30%	125,3	4,56

Pada pelaksanaannya, perbedaan kebutuhan air pada tiap variasi campuran ini disebabkan karena substitusi abu vulkanik terhadap semen mengakibatkan bertambahnya proporsi agregat halus dan berkurangnya bahan pengikat hidrolis sehingga dengan perbedaan presentasi material akan mempengaruhi lama waktu pengadukan agar beton menjadi homogen pada masing-masing variasi.



Gambar 3. Histogram Slump Rata-rata.

Berdasarkan Gambar 4. Histogram Slump Rata-rata, nilai slump dengan kelecekan tertinggi ada pada variasi abu vulkanik 30% dan slump dengan kelecekan terendah ada pada variasi abu vulkanik 0%. Maka sesuai SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal didapat bahwa nilai slump seluruh campuran masuk kedalam slump rencana yaitu 60 – 180 mm.

3.3 Bleeding

Berdasarkan pengamatan di laboratorium diketahui bahwa beton variasi 0% abu vulkanik mengalami *bleeding*, hal ini terlihat dengan naiknya air ke permukaan beton segar dan merembesnya air ke bawah cetakan beton (silinder). Selain karena proses pemadatan dan cuaca, hal ini juga bisa disebabkan karena Senyawa $3CaO.SiO_2$ dalam kandungan semen mempunyai sifat cepat terhidrasi. Oleh karena itu rongga pori yang terjadi akibat panas hidrasi dalam beton membuat air yang tidak berproses dengan semen naik ke permukaan atau terperangkap didalam beton.

Pada pengamatan variasi abu vulkanik 5%, 10%, dan 20% beton tidak mengalami *bleeding*. Hal ini disebabkan karena jumlah penggunaan abu vulkanik (material pozolan) yang cukup menghasilkan campuran yang

kohesif yang dapat mempertahankan sifat plastis dari campuran, juga bersifat menyerap air dari campuran dan menyimpannya untuk kebutuhan pada saat *curing time*. Sebaliknya pada variasi abu vulkanik 30%, beton mengalami *bleeding* karena abu vulkanik menambah jumlah agregat halus tetapi di saat bersamaan jumlah semen sebagai bahan pengikat berkurang menyebabkan sisa air yang tidak terhidrasi dengan semen merembes ke permukaan.

3.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Table 18. Nilai Kuat Tekan Beton Seluruh Variasi.

No	Variasi Campuran	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	AV 0%	21,04
2	AV 5%	18,31
3	AV 10%	20,95
4	AV 20%	17,55
5	AV 30%	14,06

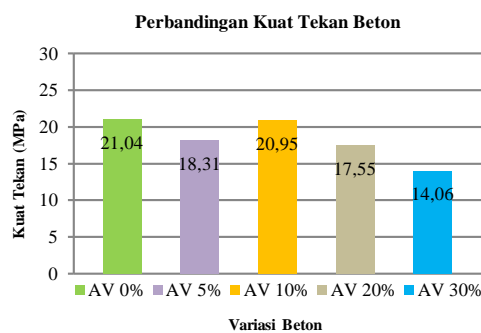
Dari hasil pemeriksaan dan penelitian yang dilakukan diperoleh kuat tekan rata-rata beton normal (tanpa tambahan abu vulkanik) adalah 21,04 MPa. Nilai ini mengalami penurunan sebesar 12,32% dari nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan yaitu sebesar 24 MPa dengan menjadi kuat tekan tertinggi dibanding variasi beton yang lain.

Pada beton dengan penggantian semen terhadap abu vulkanik sebanyak 5% kuat tekan rata-ratanya adalah 18,31 MPa, kuat tekan ini turun sebesar 3,974 MPa atau sekitar 24,2% dari nilai mutu beton rencana.

Pada penggunaan abu vulkanik 10% nilai kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 20,95 MPa. Mengalami penurunan kuat tekan sebesar 12,72% terhadap mutu rencana, nilai kuat tekan rata-rata beton ini hampir sama dengan nilai kuat tekan rata-rata pada beton variasi normal (tanpa tambahan abu vulkanik) karena kedua variasi memiliki selisih kuat tekan sebesar 0,39%.

Sebaliknya pada penggunaan abu vulkanik 20% dan 30% nilai kuat tekan rata-rata diperoleh berturut-turut sebesar 17,55 MPa dan 14,06 MPa. Kuat tekan rata-rata pada kedua variasi ini mengalami penurunan sebesar 26,87% dan 41,42% terhadap mutu rencana, yang mana membuat kedua variasi

ini memiliki kuat tekan terendah dari variasi yang lain. Dengan demikian variasi yang berbeda-beda tersebut tidak diperoleh gambaran yang jelas seberapa besar manfaat penggunaan abu vulkanik terhadap kenaikan kuat tekan beton rata-rata karena nilai kuat tekan beton yang diperoleh terlihat belum meningkat secara signifikan, hal ini kemungkinan disebabkan karena penggunaan abu vulkanik mengurangi jumlah semen sehingga menambah jumlah agregat halus. Dalam hal ini abu vulkanik bersifat sebagai filler bukan sebagai bahan ikat. Perubahan nilai kuat tekan rata-rata pada masing-masing campuran diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Histogram Kuat Tekan Rata-rata.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan abu vulkanik sebagai substitusi parsial semen berpengaruh pada sifat fisis beton masing-masing campuran. Nilai slump rata-rata variasi abu vulkanik 0% = 101 mm, 5% = 79,3 mm, 10% = 117 mm, 20% = 98 mm, dan 30% = 125,3 mm. Penggunaan abu vulkanik variasi 0% dan 30% beton mengalami *bleeding*, sedangkan penggunaan abu vulkanik variasi 5%, 10%, dan 20% menghasilkan

campuran yang kohesif sehingga beton tidak mengalami *bleeding*. Dengan komposisi yang tepat pemanfaatan abu vulkanik dapat memperbaiki sifat fisis beton.

2. Nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari variasi abu vulkanik 0% = 21,04 MPa, 5% = 18,31 MPa, 10% = 20,95 MPa, 20% = 17,55 MPa, dan 30% = 14,06 MPa. Nilai kuat tekan ini mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0% = 12,32%, 5% = 24,12%, 10% = 12,72%, 20% = 26,87%, 30% = 41,42% terhadap mutu rencana 24 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata terendah ada pada variasi abu vulkanik 30% yaitu 14,06 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi ada pada variasi abu vulkanik 0% yaitu 21,04 MPa. Sedangkan substitusi maksimum abu vulkanik ada pada variasi 10% yaitu 20,95 MPa

4.2 Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan yang telah didapat sebelumnya, maka ada beberapa hal yang perlu menjadi perhatian dalam penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Lakukan percobaan campuran uji (*trial mix*) untuk mengetahui apakah *mix design* yang telah direncanakan dapat mencapai mutu beton rencana atau tidak. Setelah mutu rencana tercapai, kemudian benda uji dibuat secara keseluruhan sesuai dengan proposi yang sudah ditentukan.
2. Lakukan penelitian dengan rentang variasi abu vulkanik yang lebih kecil dan jumlah benda uji yang lebih banyak agar diperoleh trend pengaruh yang lebih detail dan jelas.
3. Lakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari untuk mengetahui perubahan sifat fisis beton dan perubahan kuat tekan yang lebih detail dan jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmedai, M.A., Ibrahiem El-Sharif M., Ahmed S.A.M., & Ahmed Y.H., (2018, December). Characterization of Jebal Meidoub Volcanic Ash and Pumice As Cement Replacing Materials For Use in Blended Cements. Paper presented at the 2nd Conference of Civil Engineering, Sudan.
- Amri, Sjafe'i. (2005). *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: UI-Press.
- Aryani, N., & Luser, D. (2013). Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Merapi Terhadap Kuat Tekan Beton. *Majalah Ilmiah UKRIM*, Edisi 1/th XVIII/2013.
- ASTM C 29M-97. (2003). *Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*, ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, United States.
- Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990 tentang Tata Cara Uji Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1965:2008 tentang Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (1996). SNI 03-4141-1996 tentang Cara Uji Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1969:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1970:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 2417:2008 tentang Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2011). SNI 2493:2011 tentang Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2008). SNI 1972:2008 tentang Tata Cara Uji Slump. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. (2011). SNI 1974:2011 tentang Tata Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta: BSN.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. (2017). *Berkah Abu Vulkanis Bahan Pembenh Tanah*. Jakarta: IAARD Press.
- Bayuseno, A.P., Widayanto, S.A., & Juwantonu. (2010). Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *ROTASI – Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, Vol. 12, No. 4, Oktober 2010: 10-16.
- Gumma, A.M., & Mohamed, A.A. (2016). Partial Replacement of Ordinary Portland Cement (OPC) with Natural Pozzolanas (Jebel Marrah) Volcanic Ash in Concrete. *SUST Journal of Engineering and Computer Sciences (JECS)*, Vol. 17, No.3.2016.
- Khalis, Adli., Dewi, S.R., & Wisnumurti. (2016). Kajian Abu Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Alternatif Bahan Penyusun Batako Berlubang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*.
- Patil, K.K., De Wolf, C., Chin, S., Ochsendorf, J., Hajiah, A.E., Al-Mumin, A., & Büyükoztürk, O. (2018). Impact of Embodied Energy on Materials/Buildings with Partial Replacement of Ordinary Portland Cement (OPC) by Natural Pozzolanic Volcanic Ash. *Journal of Cleaner Production*, 177, 547-554.
- Waani, J.E., & Elisabeth, L. (2017). Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen pada Kinerja Campuran Semen. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2017