



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 5th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2022 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>

Open Conference Systems : <https://ocs.widyagama.ac.id>

Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

PENGARUH SIKA DAN ABU VULKANIK GUNUNG SEMERU SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Maria Dehi Mboru¹⁾, Abdul Halim²⁾, Candra Aditya³⁾, Aji Suraji⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 9 September 2022

Direvisi, 1 Oktober 2022

Diterima, 30 Oktober 2022

Email Korespondensi :

mariadehimboru@yahoo.com

ABSTRAK

Air, semen portland, pasir halus dan pasir kasar, dengan atau tanpa penambahan, merupakan komponen utama beton. Pengaruh sika dan abu vulkanik Gunung Semeru digunakan sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton dengan persentase Sika 0%, 1,5%, 3% dan persentase abu vulkanik Gunung Semeru yang digunakan 0%, 5%, 10% dan 15%. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dan kuantitatif untuk mengumpulkan data dengan tujuan untuk mengetahui dampak penggantian sebagian semen dengan dampak abu vulkanik Gunung Semeru dan Sika terhadap kuat tekan beton. Rasio kombinasi yang dipakai adalah 1 PC: 2 PS: 3 KR, ditentukan oleh metode volume berat unit untuk mengetahui berapa banyak bahan yang dibutuhkan untuk campuran beton. Temuan penelitian membawa kita pada kesimpulan bahwa sika dan abu vulkanik 0%, 5%, 10% dan 15% menghasilkan kuat tekan sebesar 13,02 MPa, 19,42 MPa, 14,38 MPa dan 13,87 MPa. Sika 1,5% dengan abu vulkanik 0% 5%, 10% dan 15% menghasilkan kuat tekan sebesar 17,55 MPa, 20,89 MPa, 17,38 MPa dan 14,72 MPa. Sedangkan sika 3% dengan abu vulkanik 0% 5%, 10% dan 15% menghasilkan kuat tekan sebesar 30,29 MPa, 24,74 MPa, 20,61 MPa, dan 18,34 MPa.

Kata Kunci : Sika, Abu Vulkanik, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Beton sering digunakan dalam konstruksi karena sangat penting. Semen yang terikat dengan air dapat dikombinasikan dengan agregat halus dan kasar dalam rasio yang telah ditentukan untuk membuat beton. [1]. Karena beton dapat dengan mudah dicetak sesuai kebutuhan, penggunaannya sebagai bahan bangunan semakin berkembang. Kualitas beton ditentukan oleh komponen-komponen yang digunakan dalam campurannya. Penggunaan zat aditif yang mengubah karakteristik pasta semen atau beton merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan dan kualitas campuran beton. [2]. Banyak gunung berapi yang masih aktif di Indonesia. Gunung Semeru, misalnya, dapat ditemukan di Jawa Timur, tepatnya di Kabupaten Lumajang. Pada 14 Desember

2021, gunung berapi itu meletus, melepaskan berbagai material yang mempengaruhi ketidaknyamanan, kualitas hidup, dan kesehatan masyarakat. [3]. Beberapa semen dalam campuran beton masih dapat diganti dengan abu vulkanik dari letusan Gunung Semeru. Campuran beton cenderung meningkatkan kualitas produk jadi serta mengurangi jumlah semen yang digunakan. [4]. Selama letusan, material vulkanik dilepaskan ke udara sebagai abu vulkanik yang mengandung Besi (Fe), silikat (Si), kalsium (Ca) [5].

Meningkatnya kebutuhan infrastruktur di masyarakat disebut sebagai pembangunan konstruksi. Desain ruang infrastruktur ini tidak hanya didasarkan pada bahan utama tetapi juga pada bahan tambahan dan tidak dapat dipisahkan dari penggunaan komponen utama produksi beton. [6]. Menambahkan aditif ke dalam campuran beton adalah salah satu cara untuk membuat beton lebih berkualitas. Bahan tambahan ini dapat mempengaruhi sifat semen dan lem beton, dengan tujuan dapat mempercepat cara pemadatan yang paling umum dari campuran substansial dan meningkatkan kekuatan substansial. [7]. Selain itu, Sika mempermudah pencampuran air untuk mencapai konsistensi beton tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan bagaimana kuat tekan beton dipengaruhi oleh silika dan abu vulkanik, yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen. [8]. Kuat tekan beton adalah kemampuan untuk menahan gaya tekan yang diberikan. Kuat tekan beton menunjukkan kualitas struktur. Kekuatan struktur berbanding terbalik dengan kualitas beton yang dihasilkan. [9].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Tujuan penelitian yang ideal harus dicapai melalui pendekatan eksplorasi. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menemukan jawaban yang dapat dijelaskan secara ilmiah terhadap suatu masalah, kasus, gejala, atau fenomena dikenal sebagai metode penelitian. mengkonfirmasi hubungan antara variabel yang diteliti. Tiga tahap kegiatan penelitian adalah persiapan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan. [10]

2.2. Rancangan Penelitian

Berikutnya adalah tabel rencana struktur campuran substansial yang akan digunakan dalam konsentrat ini seperti yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian

No	Komposisi Campuran Beton	Jumlah Benda Uji
1	1 Pc : 2 Ps : 3 Kr	5
2	0,95Pc : 0,05 Av : 2 Ps : 3 Kr	5
3	0,90Pc : 0,10 Av : 2 Ps : 3 Kr	5
4	0,85Pc : 0,15 Av : 2 Ps : 3 Kr	5
5	1 Pc : 2 Ps : 3 Kr : 1,5% Sk	5
6	0,95Pc : 0,05 Av : 2 Ps : 3 Kr : 1,5% Sk	5
7	0,90Pc : 0,10 Av : 2 Ps : 3 Kr : 1,5% Sk	5
8	0,85Pc : 0,15 Av : 2 Ps : 3 Kr : 1,5% Sk	5
9	1 Pc : 2 Ps : 3 Kr : 3%	5
10	0,95Pc : 0,05 Av : 2 Ps : 3 Kr : 3% Sk	5
11	0,90Pc : 0,10 Av : 2 Ps : 3 Kr : 3% Sk	5
12	0,85Pc : 0,15 Av : 2 Ps : 3 Kr : 3% Sk	5
Total Benda Uji		60

2.3. Persiapan Bahan

Berikut ini adalah komponen-komponen campuran beton

- 1) Semen Portland

Dengan menggiling klinker kalsium silika hidrolik dengan aditif seperti bentuk kristal dari satu atau lebih senyawa kalsium sulfat dan aditif lainnya, semen Portland dibuat. [11].

- 2) Agregat halus (pasir)
Agregat halus ialah agregat yang setiap butirnya melewati saringan 4,8 milimeter. Pasir dihasilkan dengan memecah batu atau langsung dari dasar sungai.[12].
- 3) Agregat kasar (kerikil)
Agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm dianggap sebagai agregat kasar, yang keras dan tidak berpori. Gradasi yang baik sangat penting untuk mengurangi kebutuhan akan semen portland dan terdiri dari butiran dengan berbagai ukuran untuk mengisi rongga disebabkan oleh dimensi yang besar. [13].
- 4) Abu vulkanik gunung semeru
Abu dari gunung berapi adalah hasil dari letusan hebat. Contoh letusan eksplosif termasuk ketika gas larut dalam batuan cair (magma), yang meledak ke udara, dan ketika magma memanaskan tiba-tiba melepaskan uap. [14].
- 5) Sika
Sika adalah komponen yang termasuk dalam campuran beton baik sebelum atau selama proses pencampuran. Sifat beton diubah oleh bahan ini agar lebih cocok untuk aplikasi tertentu.[15]
- 6) Air
Dalam produksi beton air adalah salah satu komponen terpenting. Fungsinya untuk memulai reaksi kimia antara semen dan lem, melumasi agregat halus dan kasar, dan mempermudah pencampuran beton. [16].

2.4. Pengujian Nilai Slump

Sebuah kerucut Abrams dengan tinggi 30 cm, diameter 20 cm, dan diameter atas 10 cm digunakan untuk uji *slump*. Dalam setiap pengolahan campuran beton, uji tekan dilakukan untuk menentukan kemampuan kerja campuran beton. *slump assessment test* merupakan suatu metode untuk menentukan jumlah kecelakaan beton pada berbagai pekerjaan beton. Itu harus disesuaikan dengan kondisi kerja dan tujuan penggunaan. [17].

2.5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kapasitas beton untuk menyerap gaya tekan per satuan luas dikenal sebagai kuat tekannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, dua di antaranya adalah berat jenis dan rasio air-semen. [18]. Bagilah beban maksimum dengan luas penampang beton untuk mendapatkan nilai kuat tekan. Tegangan tekan maksimum (f_c) yang dicapai menentukan kuat tekan setiap batang uji. [19]. Pada hari ke 28, digunakan CTM (*Compression Testing Machine*) untuk menguji sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 centimeter dan tinggi 30 centimeter untuk mengetahui kuat tekan beton. Kualitas beton berbanding terbalik dengan kuat tekannya. [20]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Agregat

Penyerapan agregat halus dan kasar, berat jenis, gradasi, kadar air, dan kadar lumpur semuanya dievaluasi. Tabel dan grafik digunakan untuk menampilkan hasil pengujian. Berikut didapatkan hasil pengujian agregat halus yang disajikan sebagaimana pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

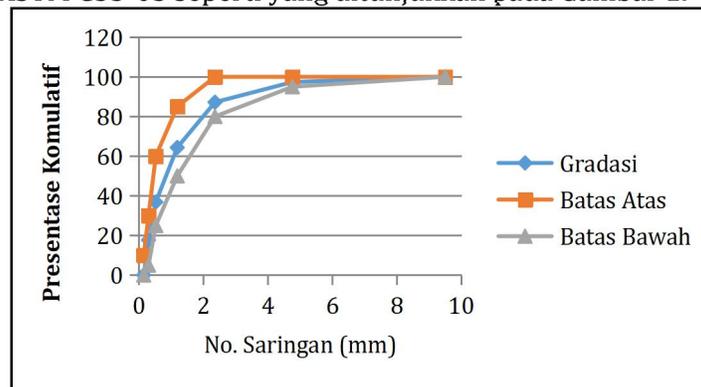
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Modulus Halus Butir (MHB) (%)	3,03	1,5 – 3,57	Memenuhi Syarat
Kadar Lumpur (%)	1	Maksimal 5	Memenuhi Syarat
Kadar Air (%)	3,63	-	-
Berat Jenis SSD (g/cm ³)	2.59	-	-
Berat Jenis Bulk (g/cm ³)	2.41	-	-
Berat Jenis Semu (g/cm ³)	2.93	-	-
Penyerapan Air (%)	7.30	-	-

Berikut didapatkan hasil pengujian gradasi pasir sebagaimana pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian gradasi agregat halus

No Saringan	Tertinggal		Kumulatif	
	Berat (g)	%	Tertinggal (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0,00	0,00	100,00
no. 4	20	2,21	2,21	97,79
No. 8	98	10,85	13,07	86,93
no. 16	217	24,03	37,10	62,90
no. 30	258	28,57	65,67	34,33
no. 50	177	19,60	85,27	14,73
no. 100	133	14,73	100,00	0,00
Pan	97			
Jumlah	1000		303,32	
	Modulus Halus Butir (MHB)			3,03

Uji gradasi agregat kasar di atas dapat divisualisasikan secara grafis dengan skala yang dipersyaratkan oleh ASTM C33-03 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik gradasi agregat halus

Dari gambar grafik gradasi agregat di atas termasuk dalam gradasi agregat halus zona 2.

Berikut didapatkan hasil pengujian agregat kasar sebagaimana pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

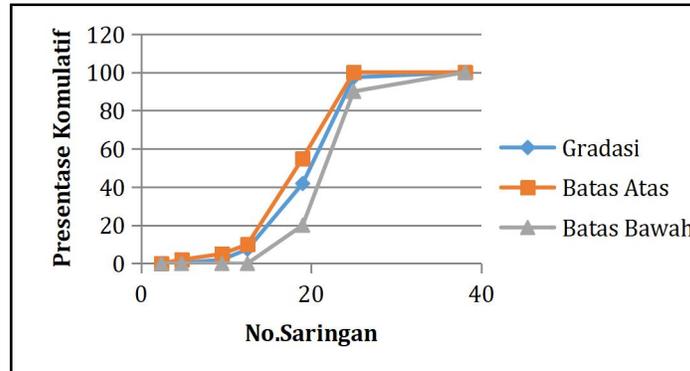
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Keterangan
Modulus Halus Butir (%)	4.55	3% - 5%	Memenuhi syarat
Kadar Lumpur (%)	0,40	Maksimal 1%	Memenuhi syarat
Kadar Air (%)	1.04	-	-
Berat Jenis Bulk(gr/cm^3)	2.38	-	-
Berat Jenis SSD(gr/cm^3)	2.43	-	-
Berat Jenis Semu(gr/cm^3)	2.51	-	-
Penyerapan Air(%)	2.02	-	-

Tabel 5 berisi pengujian agregat dan kasar seperti pada hasil.

Tabel 5. Hasil pengujian gradasi agregat kasar

No Saringan	Tertinggal		Komulatif	
	Berat (g)	%	Tertinggal (%)	Lolos (%)
1 1/2" (38,1 mm)	0	0.00	0.00	100.00
1" (25 mm)	121	1.23	1.23	98.77
3/4" (19mm)	5910	59.98	61.20	38.80
1/2" (12,7mm)	3243	32.91	94.11	5.89
3/8" (9,5 mm)	419	4.25	98.37	1.63
no. 4 (4,75mm)	123	1.25	99.61	0.39
no. 8 (2,36mm)	38	0.39	100.00	0.00
Pan	140			
Jumlah	9994		454.53	
Modulus Halus Butir (MHB)				4.55

Gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C33-03 dapat digunakan untuk melakukan uji gradasi agregat kasar di atas, seperti yang digambarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik gradasi agregat kasar

Dari gambar grafik gradasi agregat di atas termasuk dalam gradasi agregat kasar zona 2.

3.2. Hasil Pengujian Abu Vulkanik Gunung Semeru

Tujuan pengujian kimia seperti yang ditunjukkan pada tabel 6 adalah untuk mengidentifikasi unsur-unsur dalam abu vulkanik Gunung Semeru.

Tabel 6. Hasil pengujian agregat halus

Unsur Penyusun	Kandungan
Besi (Fe)	3,7%
Kapur (Ca)	4,14 %
Silika (Si)	4,06 %

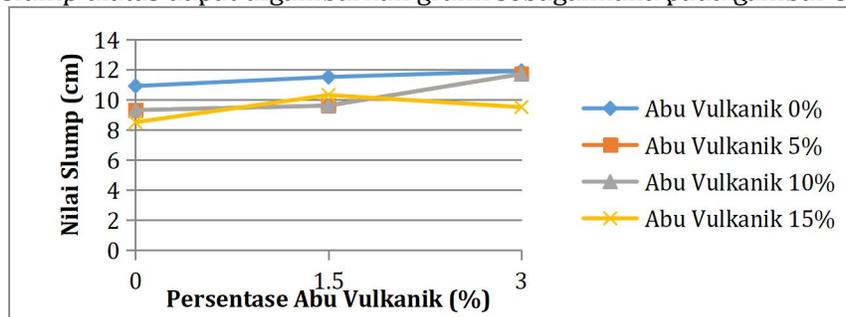
3.3. Hasil Pengujian Slump

Hasil pengujian pengaruh penggantian air dengan silika terhadap kemerosotan abu vulkanik disajikan pada tabel 7 sebagai tabel dan grafik: masing-masing 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Tabel 7. Hasil pengujian slump

Komposisi	Sika (%)	Air (liter)	Benda Uji	Slump (cm)
1 PC : 2 PS : 3 KR	0	5	5	10.9
	1.5	4.85	5	11.5
	3	4.7	5	11.9
0,95 PC : 0,05 AV : 2 PS : 3 KR	0	5	5	9.3
	1.5	4.85	5	9.6
	3	4.7	5	11.7
0,90 PC : 0,10 AV : 2 PS : 3 KR	0	5	5	9.3
	1.5	4.85	5	9.6
	3	4.7	5	11.7
0,85 PC : 0,15 AV : 2 PS : 3 KR	0	5	5	8.5
	1.5	4.85	5	10.3
	3	4.7	5	9.5

Pengujian nilai slump diatas dapat digambarkan grafik sebagaimana pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh penggantian air dengan sika terhadap nilai slump pada abu vulkanik 0%, 5%, 10%, dan 15%

Grafik gabungan di atas menunjukkan bahwa nilai slump terendah adalah 0% Sika dengan 10% abu vulkanik di tempat 8,5 cm, sedangkan nilai slump tertinggi adalah 3% Sika dengan 0% abu vulkanik di tempat 11,9 cm.

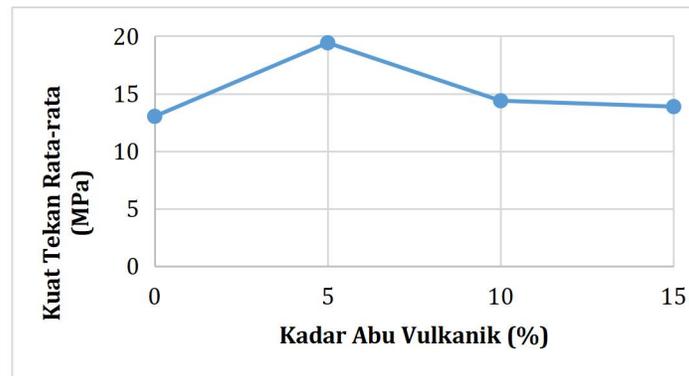
3.4. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton

Pengaruh penggantian semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan sika 0%, sebagaimana terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton Sika 0%

Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	P (KN)	P (N)	Fc (MPa)	fcr (MPa)
1 PC 2 PS : 3 KR	A1 0%	12.2	260	260000	14.72	13.02
	A2 0%	12.1	240	240000	13.59	
	A3 0%	12.2	220	220000	12.46	
	A4 0%	12.1	230	230000	13.02	
	A5 0%	12.2	200	200000	11.32	
0,95 PC : 0,05 AV : 2 PS : 3 KR	A1 5% AV	12.5	340	340000	19.25	19.42
	A2 5% AV	12.5	350	350000	19.82	
	A3 5% AV	12.4	355	355000	20.10	
	A4 5% AV	12.3	325	325000	18.40	
	A5 5% AV	12.3	345	345000	19.53	
0,9 PC : 0,10 AV : 2 PS : 3 KR	B1 10% AV	12.4	260	260000	14.72	14.38
	B2 10% AV	12.2	280	280000	15.85	
	B3 10% AV	12.2	250	250000	14.15	
	B4 10% AV	12.3	225	225000	12.74	
	B5 10% AV	12.3	255	255000	14.44	
0,85 PC : 0,15 AV : 2 PS : 3 KR	C1 15% AV	12.3	235	235000	13.31	13.87
	C2 15% AV	12.2	245	245000	13.87	
	C3 15% AV	12.3	240	240000	13.59	
	C4 15% AV	12.2	220	220000	12.46	
	C5 15% AV	12.2	285	285000	16.14	

Dari hasil perhitungan kuat tekan diatas dapat digambarkan grafik sebagaimana pada gambar 4.



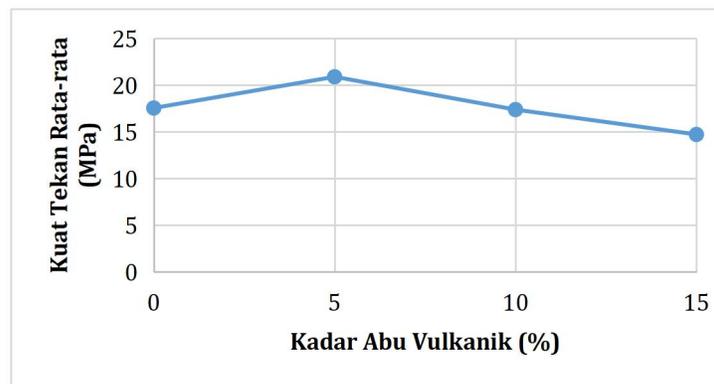
Gambar 4. Grafik pengaruh substitusi semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan pada sika 0%.

Tabel dan grafik berikut menggambarkan pengaruh penggantian semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan silika 1,5%, seperti terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Analisa Perhitungan Kuat Tekan Beton Sika 1,5%

Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	P (KN)	P (N)	fc (MPa)	fcr (MPa)
1 PC : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	A1 1,5% SK	12.2	260	260000	14.72	17.55
	A2 1,5% SK	12.2	300	300000	16.99	
	A3 1,5% SK	12.3	305	305000	17.27	
	A4 1,5% SK	12.3	345	345000	19.53	
	A5 1,5% SK	12.3	340	340000	19.25	
0,95 PC : 0,05 AV : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	A1 5% AV 1,5% SK	12.3	325	325000	18.40	20.89
	A2 5% AV 1,5% SK	12.3	370	370000	20.95	
	A3 5% AV 1,5% SK	12.4	380	380000	21.51	
	A4 5% AV 1,5% SK	12.4	395	395000	22.36	
	A5 5% AV 1,5% SK	12.4	375	375000	21.23	
0,90 PC : 0,10 AV : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	B1 10% AV 1,5% SK	12.3	300	300000	16.99	17.38
	B2 10% AV 1,5% SK	12.2	310	310000	17.55	
	B3 10% AV 1,5% SK	12.2	275	275000	15.57	
	B4 10% AV 1,5% SK	12.3	325	325000	18.40	
	B5 10% AV 1,5% SK	12.2	325	325000	18.40	
0,85 PC : 0,15 AV : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	C1 15% AV 1,5% SK	12.2	250	250000	14.15	14.72
	C2 15% AV 1,5% SK	12.1	265	265000	15.00	
	C3 15% AV 1,5% SK	12.1	275	275000	15.57	
	C4 15% AV 1,5% SK	12.2	265	265000	15.00	
	C5 15% AV 1,5% SK	12.1	245	245000	13.87	

Dari hasil perhitungan kuat tekan diatas dapat digambarkan grafik sebagaimana pada gambar 5.



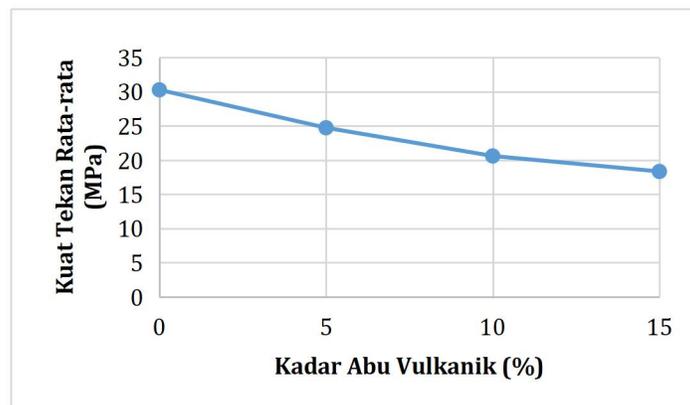
Gambar 5. Grafik pengaruh substitusi semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan pada sika 1,5%

Pengaruh penggantian semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan pada 3% sika seperti yang ditunjukkan pada tabel 10 adalah tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 10. Analisa perhitungan kuat tekan beton sika 3%

Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	P (KN)	P (N)	fc (MPa)	fcr (MPa)
1 PC : 2 PS : 3 KR : 3% SK	A1 3% SK	12.5	525	525000	29.72	30.29
	A2 3% SK	12.5	580	580000	32.84	
	A3 3% SK	12.5	600	600000	33.97	
	A4 3% SK	12.4	520	520000	29.44	
	A5 3% SK	12.4	450	450000	25.48	
0,95 PC : 0,05 AV : 2 PS : 3 KR : 3% SK	A1 5% AV 3% SK	12.5	425	425000	24.06	24.74
	A2 5% AV 3% SK	12.5	420	420000	23.78	
	A3 5% AV 3% SK	12.4	440	440000	24.91	
	A4 5% AV 3% SK	12.4	480	480000	27.18	
	A5 5% AV 3% SK	12.4	420	420000	23.78	
0,9 PC : 0,10 AV : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	B1 10% AV 3% SK	12.3	325	325000	18.40	20.61
	B2 10% AV 3% SK	12.5	355	355000	20.10	
	B3 10% AV 3% SK	12.4	330	330000	18.68	
	B4 10% AV 3% SK	12.4	365	365000	20.67	
	B5 10% AV 3% SK	12.4	445	445000	25.19	
0,85 PC : 0,15 AV : 2 PS : 3 KR : 3% SK	C1 15% AV 3% SK	12.3	325	325000	18.40	18.34
	C2 15% AV 3% SK	12.2	275	275000	15.57	
	C3 15% AV 3% SK	12.3	280	280000	15.85	
	C4 15% AV 3% SK	12.2	390	390000	22.08	
	C5 15% AV 3% SK	12.2	350	350000	19.82	

Dari hasil perhitungan kuat tekan di atas dapat digambarkan grafik sebagaimana pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh substitusi semen dengan abu vulkanik terhadap kuat tekan pada sika 3 %

4. KESIMPULAN

Berikut kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian mengenai beton silinder:

- 1) Hasil pengujian agregat halus dan kasar memenuhi syarat dengan standar SNI
- 2) Nilai slump yang diperoleh berada pada 8 sampai 12 sentimeter dari nilai slump yang direncanakan.
- 3) Pengaruh Sika dan abu vulkanik sebagai campuran yang terdiri dari 1 pc : 2 ps : 3 kr menghasilkan kuat tekan maksimum pada campuran 3% Sika dengan 5% abu vulkanik sebesar 24,74 MPa, peningkatan sebesar 47,4% dibandingkan beton normal kuat 13,02 MPa. Dengan menggunakan ANOVA dapat diketahui nilai F hitung sebesar 106,5634 lebih besar dari F tabel 3,190727, hal ini menunjukkan bahwa abu vulkanik dan silika berpengaruh terhadap kuat tekan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Y. Karwur, R. Tenda, S. E. Wallah, and R. S. Windah, "Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen," *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 4, pp. 1–6, 2013.
- [2] S. Aprilianti and Nadia, "Analisis Pengaruh Beton Dengan Bahan Admixture naphthalene Dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *J. Tek. Sipil Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 3, no. 2, pp. 33–40, 2012.
- [3] Mulyati and B. F. Arfan, "Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *J. Tek. Sipil Inst. Teknol. Padang*, vol. 6, no. 2, pp. 38–45, 2019, doi: 10.21063/jts.2019.v602.01.
- [4] F. Riski and Nadia, "Studi Kuat Tekan Beton Normal Dengan Abu Gunung Kelud Sebagai Bahan Adiktif Pengganti Semen," *J. Konstr. Tek. Sipil Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 6, no. 2, pp. 1–7, 2015.
- [5] A. R. Anshory and S. Sumarni, "Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Beton Normal," *J. Tek. Bangunan, Univ. Sebel. Maret Surakarta*, vol. Volume No., no. 1, p. Hal. 1-11, 2015.
- [6] M. U. Azmi, "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Sika Viscocrete 1003 Untuk Mencapai Kuat Tekan Awal," *J. Tek. Sipil Univ. Int. Batam*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [7] W. A. Prakaryuda, A. Halim, and C. Aditya, "Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton," *J. Ilm. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2021.

- [8] R. R. S. Riwayati and R. Habibi, "Pengaruh Penambahan Zat Aditif Sika Viscocrete Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-300 Umur 14 Hari," *J. Tekno Glob.*, vol. 09, no. 2, pp. 44–49, 2020.
- [9] Nurmaidah, "Penggunaan Bahan Tambah Damdex (Waterproofing) Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton," no. 1, 2016.
- [10] F. Vidia and B. Manurung, "Tinjauan Daya Tarik Belah Beton Busa Dengan Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa, Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Metode Eksperimen," *J. Ilm. Mhs. Tek. Sipil*, vol. 2, no. April, pp. 10–18, 2022.
- [11] SNI 15-2049-2004, "Semen Portland," *Badan Stand. Nas. Indones.*, pp. 1–128, 2004.
- [12] F. Girsang, "Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton," *Skripsi Mhs. Univ. Medan Area*, pp. 1–99, 2017.
- [13] SNI-03-2847-2002, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung," *Dep. Pekerj. Umum, Jakarta.*, p. 251.
- [14] A. P. Bayuseno, "Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik Dari Erupsi Gunung Merapi," *J. Tek. Sipil Univ. Diponegoro*, vol. Volume No., no. 4, p. Hal. 10-16, 2010.
- [15] M. Zardi, C. Rahmawati, and T. K. Azman, "Pengaruh Persentase Penambahan Sika Viscocrete-10 Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Tek. Sipil Unaya*, vol. 2, no. 1, pp. 13–24, 2019, doi: 10.30601/jtsu.v2i1.18.
- [16] SNI 03-6820-2002, "Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen," *Badan Stand. Nas.*, p. 6820, 2002.
- [17] A. Asrullah, "Kajian Kuat Lentur Beton Dengan Menggunakan Sika Concrete Refair Mortar Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton K 300," *J. Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Palembang*, vol. 8, no. 1, pp. 13–17, 2019, doi: 10.36546/tekniksipil.v8i1.181.
- [18] S. P. Yuswanto, "Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Kelud Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Inersia*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2015, doi: 10.21831/inersia.v11i1.9952.
- [19] A. Gunawan, "Pengaruh Campuran Dua Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Inersia Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Bengkulu*, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, 2014.
- [20] Y. T. Dady, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 5, pp. 1–10, 2015.