

Studi Pengaruh Penambahan Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Pada Beton Mutu K-250

H. Lisitiawaty^{a*}, S.A. Namira^a, M. Aryasin^b, Muhajir^b dan S.W. Martani^b

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

^bAlumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

* Corresponding author's e-mail: hlistiawaty@yahoo.com

Received: 2 December 2024; revised: 3 February 2025; accepted: 4 February 2025

Abstract: The handling of stone ash waste from the by-product of the Quarry C crushed stone factory with the number of factories along the Palu-Donggala road has not been handled properly until now. The potential for utilization for building materials such as lightweight concrete, paving blocks and rosters as well as fillers for asphalt concrete mixtures and rigid pavements at airports is still large to be developed. Based on this, stone ash waste can be used as a building material to build structures and infrastructure. However, the characteristics of the basic materials and building materials made from stone ash waste must be re-tested. The analysis was carried out on the results of the concrete compressive strength test (SNI 03-1974-2011), which is a comparative analysis of various conditions of the age of the test object and the percentage of stone ash addition to the weight of fine aggregate obtained from the laboratory. The addition of stone ash as a partial replacement for fine aggregate can increase the compressive strength of concrete by up to 9.64% compared to the compressive strength of normal concrete. The optimum level of stone ash addition as a partial replacement for fine aggregate occurs at a variation of 20% stone ash from the weight of fine aggregate. The compressive strength of 28-day concrete that occurs in this variation is 23.590 MPa, while the compressive strength of concrete without the addition of stone ash is 21.515 MPa. The compressive strength value of concrete with 50% rock ash content has the lowest compressive strength value of 21.137 MPa, where there is a decrease in the compressive strength value of 1.75% compared to the compressive strength value of concrete without the addition of stone ash.

Keywords: stone ash, filler, concrete, concrete compressive strength.

Abstrak: Penangan limbah abu batu hasil sampingan pabrik batu pecah Galian C dengan jumlah pabrik di sepanjang ruas Jalan Palu-Donggala hingga saat ini belum tertangani dengan baik. Potensi pemanfaatan untuk bahan bangunan seperti beton ringan, paving block dan roster serta sebagai filler campuran aspal beton dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada bandara masih besar untuk dikembangkan. Berdasarkan hal tersebut, limbah abu batu dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk membangun struktur dan infrastruktur. Namun, karakteristik bahan dasar dan bahan bangunan yang dibuat dari limbah abu batu harus diuji kembali. Analisis dilakukan pada hasil uji kuat tekan beton (SNI 03-1974-2011), adalah analisis perbandingan dari berbagai kondisi umur benda uji dan persentase penambahan abu batu terhadap berat agregat halus yang diperoleh dari laboratorium.

Penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus dapat menambah nilai kuat tekan beton hingga 9,64% dibandingkan dengan kuat tekan beton normal. Kadar optimum penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus terjadi pada variasi 20% abu batu dari berat agregat halus. Kuat tekan beton umur 28 hari yang terjadi pada variasi ini sebesar 23,590 MPa, sementara kuat tekan beton tanpa penambahan abu batu sebesar 21,515 MPa.

Nilai kuat tekan beton dengan kadar abu batu 50% memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah yaitu sebesar 21,137 MPa, dimana terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar 1,75% dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton tanpa penambahan abu batu.

Kata kunci: abu batu, filler, beton, kuat tekan beton

1. Pendahuluan

Abu batu merupakan limbah dari proses pemecahan bongkahan batu [1]. Penanganan limbah abu batu hasil sampingan pabrik batu pecah dengan jumlah pabrik di sepanjang ruas Jalan Palu-Donggala hingga saat ini belum tertangani dengan baik untuk itu digunakan agar mengurangi pencemaran udara [2]. Abu batu juga memiliki tekstur yang tajam sehingga dapat membuat ikatan yang cukup kuat. Agregat halus yang dihasilkan dari lokasi *stone crusher* mengandung kurang lebih 17% sampai 25% fraksi abu batu, sehingga abu batu memiliki volume produksi yang cukup potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut penggunaannya. Potensi pemanfaatan untuk bahan bangunan seperti beton ringan, paving block dan roster serta sebagai filler campuran aspal beton dan

perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada bandara masih besar untuk dikembangkan.

Pada dasarnya beton biasanya terdapat sekitar 70-80 dan volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, maka dari agregat itu sendiri mempunyai peranan penting dalam komposisi suatu beton. Pemanfaatan limbah bertujuan untuk mencegah pencemaran lingkungan dikarenakan jumlahnya yang banyak dimana bisa membuat kerugian bagi manusia dan ekosistem [3].

Sulawesi Tengah yang merupakan salah satu daerah penghasil Galian C terbaik, menggunakan hasil alam tersebut untuk menyuplai kebutuhan pembangunan di Ibu Kota Nusantara (IKN). Proses eksavasi atau penggalian lokasi lahan untuk mendapatkan bahan baku batu pecah berupa batu gunung di sepanjang perbukitan sisi Barat dari ruas Jalan Palu-Donggala semakin masif seiring

banyaknya usaha tambang batu pecah di lokasi tersebut. Berdasarkan data statistik tidak kurang dari 40 usaha pabrik batu pecah yang telah dan akan beroperasi.

Dengan banyaknya pabrik batu pecah yang beroperasi di Sulawesi Tengah, hal ini juga mengakibatkan limbah dari pabrik tersebut yang berupa abu batu juga semakin meningkat. Meskipun abu batu jumlahnya cukup banyak namun belum terlalu laku dijual karena belum banyak yang tahu tentang manfaat abu batu sehingga dilakukan inovasi guna memanfaatkan abu batu sebagai pengganti pasir/ agregat halus pada pembuatan beton.

Beberapa Penelitian tentang pemanfaatan abu batu memperlihatkan bahwa penggunaan abu batu dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hanya saja persentase abu batu dalam menggantikan sebagian pasir berbeda-beda. Dari hasil uji kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 7 dan 14 hari didapat komposisi abu batu yang paling optimum adalah sebesar 40% abu batu dengan 60% pasir [4]. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa kadar optimum penggunaan abu batu sebagai pengganti agregat halus berada di 20% abu Batu dan 80% pasir [5].

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana eksperimen dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Universitas Tadulako. Abu batu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah *stone crusher* PT. Watu Sinai Abadi yang berlokasi di Kelurahan Watusampu Kecamatan Ulujadi, Kota Palu, dan agregat kasar berasal dari sumber yang sama. Sementara Agregat halus yang digunakan, diambil dari Sungai Palu

2.2. Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berupa silinder beton dengan ukuran 15 x 30 cm. Dimana untuk setiap jenis campuran beton (umur dan kondisi pengujian), benda uji yang dibuat sebanyak 3 benda uji.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan persentase kadar abu batu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap berat agregat halus pada benda uji beton umur 7, 14, dan 28 hari [6-9], sehingga total benda uji dalam penelitian ini sebanyak 54 benda uji.

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, peralatan dan material yang digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu, agar diperoleh hasil penelitian yang baik. Persiapan yang harus dilakukan adalah membersihkan material abu batu dari kotoran yang menempel agar tidak merusak hasil penelitian. Persiapan penelitian berupa:

1) Penyiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Agregat halus, Agregat kasar, Semen, Air dan Abu Batu. Selain mempersiapkan bahan penelitian, perlu juga dilakukan persiapan alat penunjang pengujian dan

alat pengujian itu sendiri. Dalam penelitian kali ini pengujian yang dilakukan berupa uji kuat tekan.

2) Pembersihan material

Material yang akan dibersihkan hanya agregat dan abu batu saja. Hal ini dilakukan agar material yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar campuran beton. Pembersihan juga dilakukan pada alat penunjang penelitian, agar tidak ada kotoran yang menempel pada alat penunjang yang nantinya dapat mempengaruhi hasil penelitian.

Setelah melakukan persiapan penelitian, selanjutnya melakukan serangkaian pengujian pada material yang telah dipersiapkan sebelumnya. Adapun pemeriksaan material yang dilakukan: analisa saringan, kadar lumpur dan penyerapan air.

3) Berat jenis

Material yang telah memenuhi spesifikasi SNI, kemudian dilanjutkan dengan melakukan perencanaan campuran beton (rancang campur) yang kemudian akan disubstitusikan pada proporsi benda uji beton normal dan beton dengan variasi penambahan abu batu sebagai berikut :

- a. 0% Abu Batu + 100% Pasir Alami
- b. 10% Abu Batu + 90% Pasir Alami
- c. 20% Abu Batu + 80% Pasir Alami
- d. 30% Abu Batu + 70% Pasir Alami
- e. 40% Abu Batu + 60% Pasir Alami
- f. 50% Abu Batu + 50% Pasir Alami

Setelah mendapatkan proporsi campuran beton yang akan digunakan, selanjutnya membuat benda uji dengan variasi penambahan abu batu yang telah direncanakan. Kemudian dilanjutkan dengan analisis hasil penelitian. Analisis dilakukan pada hasil uji kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan saat umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada penelitian ini analisis yang dilakukan adalah analisis perbandingan dari berbagai kondisi umur benda uji dan persentase penambahan abu batu terhadap berat agregat halus.

Persamaan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton [10-14] berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut:

$$F'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan :

F'c = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Tekan (N)

A = Luas Penampang benda uji (mm²)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus berdasarkan SNI 03-1968-1990 [15]. Hasil perhitungan tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rancang campur untuk pembuatan benda uji.

Tabel 1. Analisa saringan agregat halus

Saringan No	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Kum. Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
3/8"	9,6	5	6	0,48	99,52
No.4	4,8	13,6	18,6	1,79	98,20
No.8	2,4	22,6	41,2	3,98	96,02
No.16	1,2	42,6	83,8	8,10	91,89
No.30	0,6	96,2	180	17,40	82,59
No. 80	0,3	269,2	449,2	43,43	56,57
No.100	0,15	446,4	895,6	86,58	13,42
PAN		138,8	1034,4	100,00	0,00

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini tergolong agregat halus gradasi No.3 atau pasir agak halus. Selain itu pengujian material juga meliputi pemeriksaan berat jenis Bulk, berat jenis SSD, berat jenis *Apparent* serta penyerapan air dan kadar air. Dari hasil pemeriksaan pada agregat halus diperoleh berat jenis Bulk sebesar 2,76 kg/m³, berat jenis SSD sebesar 2,78 kg/m³, berat jenis *apparent* sebesar 2,83 kg/m³, serta nilai penyerapan air sebesar 0,887 %. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan air agregat halus telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan SNI 03-1970-2008 [16-17] dibawah 3%

3.2. Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan pada agregat kasar menunjukkan hasil agregat kasar masuk ke agregat dengan ukuran maksimum 20mm. selain analisa saringan, pengujian pada agregat kasar juga meliputi pemeriksaan berat jenis Bulk, berat jenis SSD, berat jenis *Apparent* serta penyerapan air dan kadar air. Dari hasil pemeriksaan pada agregat kasar diperoleh berat jenis Bulk sebesar 4,10 kg/m³, berat jenis SSD sebesar 4,17 kg/m³, berat jenis *apparent* sebesar 4,40 kg/m³, serta nilai penyerapan air sebesar 1,64 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton, karena nilai penyerapannya dibawah 2% (Tabel 2).

3.3. Rancang Campur

Beton merupakan pencampuran dari bahan-bahan agregat halus yaitu pasir, batu, batu pecah dengan ukuran gradasi tertentu dengan menambahkan bahan perekat dan air secukupnya untuk membantu mempercepat reaksi selama proses pengerasan dan perawatan beton merupakan fungsi utama dalam pembentukan beton.

Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan beton yaitu kekuatan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan dan peralatan) dengan mudah mengisi acuan dan menutup permukaan secara merata atau serba sama (homogen), keawetan, kuat tekan yang direncanakan dan ekonomis.

Kuat Tekan Beton yang disyaratkan pada rancang campur penelitian ini yaitu 21 MPa pada umur 28 hari. Kuat Tekan Beton memiliki kemungkinan gagal atau kekuatan tekannya tidak memenuhi sebesar 5 % artinya beton yang akan dibuat dapat mempunyai kuat tekan kurang dari kekuatan tekan karakteristik sebesar 5 %. Agregat Halus (Pasir) Alami diambil dari Sungai Palu, sementara abu batu dan agregat kasar berasal dari PT Watu Sinai Abadi.

Penetapan Nilai Faktor Air Semen Maksimum dipilih dengan Lingkungan Pemakaian Beton yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung dengan jumlah semen minimum 325 per m³, maka didapat nilai faktor air semen sebesar 0,60, sementara nilai slump yang dipakai dengan rencana penggunaan beton tersebut 8 – 12 cm. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik material, proporsi campuran untuk setiap variasi penambahan abu batu dapat dilihat pada Tabel 3.

3.4 Analisis Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Tadulako dengan rincian jumlah benda uji masing-masing sebanyak 3 silinder pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk setiap variasi pencampuran abu batu. Rekapitulasi hasil uji kuat tekan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari untuk setiap variasi penambahan kadar abu batu ditampilkan pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 2. Analisa saringan agregat kasar

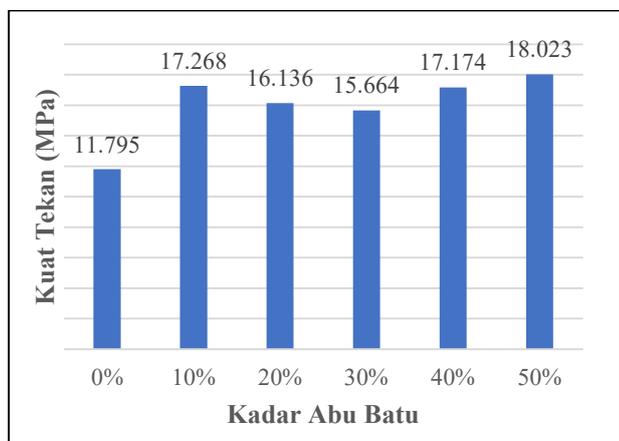
Saringan No	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
11/2"	38	0	0	0	100
3/4"	19	46,5	46,5	1	99
3/8"	9,6	5440	5486,5	84,464	15,536
No.4	4,8	921,9	6408,4	98,656	1,344
No.8	2,4	46,5	6454,9	99,372	0,628
No.16	1,2	5,1	6460	99,450	0,550
No.30	0,6	3,4	6463,4	99,503	0,497
No. 80	0,3	1,3	6464,7	99,523	0,477
No.100	0,15	5,1	6469,8	99,601	0,399
PAN		25,9	6495,7	100	0

Tabel 3. Proporsi campuran

Kebutuhan Material	Variasi 1 (%)	Variasi 2 (10%)	Variasi 3 (20%)	Variasi 4 (30%)	Variasi 5 (40%)	Variasi 6 (50%)
Semen (kg)	437	437	437	437	437	437
Air (liter)	214	214	214	214	214	214
Ag. Kasar (kg)	986	986	986	986	986	986
Ag. Halus (kg)	743	668,7	594,4	520,1	445,8	371,5
Abu Batu (kg)	0	74,3	148,6	222,9	297,2	371,5

Tabel 4. Rekapitulasi uji kuat tekan umur 7 hari

No	Kadar abu batu	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)	Perkiraan Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
1	0%	AB0-7-1	12,6	370	11,607	11,795	16,850
2		AB0-7-2	12,75	375	11,607		
3		AB0-7-3	12,6	395	12,173		
4	10%	AB10-7-1	12,72	315	16,985	17,268	24,669
5		AB10-7-2	12,68	320	16,985		
6		AB10-7-3	12,73	420	17,834		
7	20%	AB20-7-1	13,07	335	16,985	16,136	23,051
8		AB20-7-2	12,72	445	13,871		
9		AB20-7-3	12,98	470	17,551		
10	30%	AB30-7-1	12,85	370	14,154	15,664	22,377
11		AB30-7-2	12,82	345	16,985		
12		AB30-7-3	12,86	495	15,853		
13	40%	AB40-7-1	12,96	465	17,551	17,174	24,534
14		AB40-7-2	13,10	445	17,834		
15		AB40-7-3	12,92	325	16,136		
16	50%	AB50-7-1	12,83	390	17,834	18,023	25,747
17		AB50-7-2	12,66	380	17,834		
18		AB50-7-3	12,79	350	18,401		



Gambar 1. Kuat tekan beton umur 7 hari

Gambar 1 menunjukkan penambahan abu batu pada campuran beton, mampu meningkat nilai kuat tekannya.

Kuat tekan maksimum terjadi pada variasi penambahan abu batu 50% dan pasir alami 50% dimana nilai kuat tekan naik sebesar 6,228 MPa dari kuat tekan beton tanpa penambahan abu batu, yang semula hanya sebesar 11,795 MPa menjadi 18,023 MPa, sementara peningkatan nilai kuat tekan terkecil terjadi pada variasi penamhahan abu batu sebesar 30%, dimana peningkatan kuat tekannya hanya sebesar 3,869 MPa, menjadi 15,664 MPa.

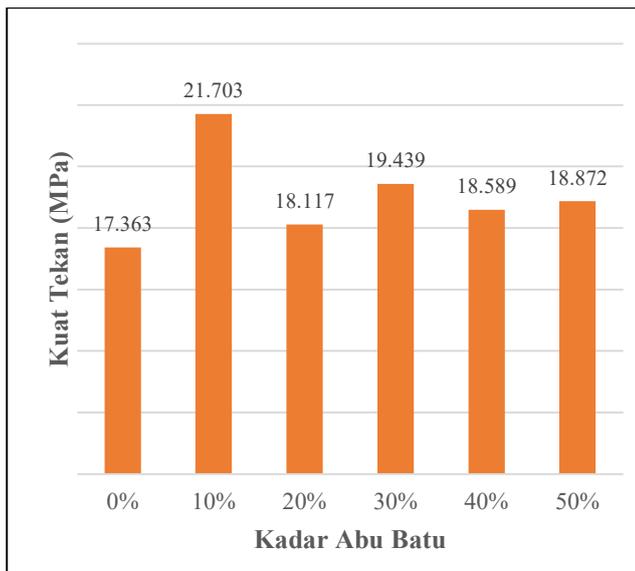
Gambar 2 menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan maksimum justru terjadi pada variasi penambahan abu batu 10% dan pasir alami 90%, dimana terjadi peningkatan nilai kuat tekan sebesar 4,340 MPa, dari 17,363 MPa menjadi 21,703 MPa, dan peningkatan nilai kuat tekan terkecil pada variasi abu batu 20% dan pasir alami 80%, dimana peningkatan nilai kuat tekan hanya sebesar 0,754 MPa. Tetapi secara keseluruhan terjadi peningkatan nilai kuat tekan pada umur beton 14 hari dibandingkan dengan umur beton 7 hari.

Tabel 5. Rekapitulasi uji kuat tekan umur 14 hari

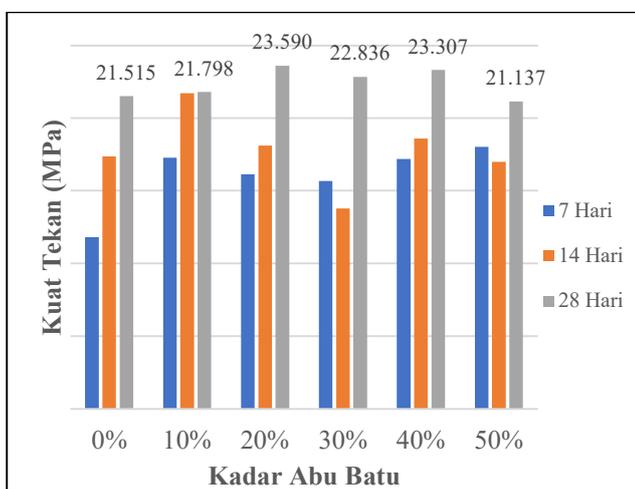
No	Kadar abu batu	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)	Perkiraan Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
1	0%	AB0-14-1	12,82	260	14,720	17,363	24,804
2		AB0-14-2	12,74	300	16,985		
3		AB0-14-3	12,75	360	20,382		
4	10%	AB10-14-1	12,64	410	23,213	21,703	31,005
5		AB10-14-2	12,97	380	21,515		
6		AB10-14-3	12,76	360	20,382		
7	20%	AB20-14-1	12,72	340	19,250	18,117	25,882
8		AB20-14-2	12,61	300	16,985		
9		AB20-14-3	12,69	320	18,117		
10	30%	AB30-14-1	12,91	300	16,985	19,439	19,681
11		AB30-14-2	12,91	390	22,081		
12		AB30-14-3	12,89	340	19,250		
13	40%	AB40-14-1	12,78	285	16,136	18,589	26,556
14		AB40-14-2	12,92	390	22,081		
15		AB40-14-3	12,91	310	17,551		
16	50%	AB50-14-1	12,71	330	18,684	16,985	24,264
17		AB50-14-2	12,76	260	14,720		
18		AB50-14-3	12,77	310	17,551		

Tabel 6. Hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari

No	Kadar abu batu	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Gaya Tekan (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)	Perkiraan Kuat Tekan 28 Hari (MPa)
1	0%	AB0-28-1	12,94	260	20,948	21,515	21,000
2		AB0-28-2	12,67	300	21,231		
3		AB0-28-3	12,88	360	22,364		
4	10%	AB10-28-1	12,64	410	18,117	21,798	21,000
5		AB10-28-2	12,97	380	23,496		
6		AB10-28-3	12,76	360	23,779		
7	20%	AB20-28-1	12,72	340	18,967	23,590	21,000
8		AB20-28-2	12,61	300	25,195		
9		AB20-28-3	12,69	320	26,610		
10	30%	AB30-28-1	12,91	300	20,948	22,836	21,000
11		AB30-28-2	12,91	190	19,533		
12		AB30-28-3	12,89	240	28,025		
13	40%	AB40-28-1	12,78	285	26,327	23,307	21,000
14		AB40-28-2	12,92	390	25,195		
15		AB40-28-3	12,91	310	18,401		
16	50%	AB50-28-1	12,71	330	22,081	21,137	21,000
17		AB50-28-2	12,76	260	21,515		
18		AB50-28-3	12,77	310	19,816		



Gambar 2. Kuat tekan beton umur 14 hari



Gambar 3. Hasil uji kuat tekan beton dengan variasi abu batu

Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan abu batu dapat meningkatkan kuat tekan beton dari kuat tekan beton normal. Kuat tekan beton tertinggi diperoleh dengan penambahan abu batu sebesar 20% dari agregat halus yaitu sebesar 23,590 MPa, tetapi pada penambahan abu batu 30% dan 40% juga memiliki kuat tekan yang tidak jauh berbeda dengan 20% abu batu, dimana masing-masing kuat tekannya sebesar 22,836 MPa dan 23, 307 MPa. Penurunan kuat tekan yang terjadi hanya sebesar 0,754 MPa dan 0,283 MPa, sehingga bisa dikatakan bahwa penambahan abu batu yang optimum berada pada kadar abu batu 20% dari berat agregat halus.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari serangkaian pengujian pada benda uji dengan berbagai variasi penambahan abu batu dan analisa hasil dari pengujian, maka dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus dapat menambah nilai kuat tekan beton hingga 9, 64% dibandingkan dengan kuat tekan beton

normal. Penambahan abu batu memberikan konsekuensi nilai slump beton yang semakin kecil, untuk mempertahankan nilai slump beton yang telah ditetapkan diawal pengujian, maka nilai faktor air semen harus dikoreksi untuk setiap variasi penambahan abu batu.

- 2) Kadar optimum penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus terjadi pada variasi 20% abu batu dari berat agregat halus. Kuat tekan beton umur 28 hari yang terjadi pada variasi ini sebesar 23,590 MPa, sementara kuat tekan beton tanpa penambahan abu batu sebesar 21, 515 MPa. Hal ini menunjukkan penambahan abu batu dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 9,64 %.
- 3) Dari hasil pengujian juga dapat dilihat penambahan abu batu diatas 20% malah menurunkan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton dengan kadar abu batu 50% memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah yaitu sebesar 21,137 MPa, dimana terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar 1,75% dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton tanpa penambahan abu batu. Hal ini disebabkan oleh porositas beton pada benda uji dengan kadar abu batu diatas 20 % lebih tinggi jika dibandingkan dengan benda uji kadar abu batu 20%.

Daftar Pustaka

- [1] Ibrahim, M. Malik, and P. Saelan, "Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus", *Rekaracana: Jurnal Teknil Sipil*, vol. 5, no. 3, p. 108, 2019.
- [2] B.A. Majid, D. Sumarna, and I. Konong, "Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton K-300 dengan Menggunakan Material Kali Oba dan Substitusi Fly Ash (Abu Terbang Batu Bara)", *INTER TECH*, vol. 1, no. 2, p. 27, 2023.
- [3] F. Wisama, F. Elisabeth, and I. Fahroni. "Pemanfaatan Limbah Konstruksi menjadi Villa Serbaguna dengan Pendekatan Green Design", *Jurnal Desain Interior*, vol. 4, no. 2, p. 101, 2019.
- [4] F. Handayani, "Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan", *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Program Studi Magister Teknik Sipil ULM*, vol. 6, p. 59, 2019.
- [5] J. Harjono, *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton*, Yogyakarta: UAJY, 2017.
- [6] I. Hendriyani, R. Pratiwi, and Y. Aprilianus, "Pengaruh Jenis Air Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton", *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, vol. 1, no. 2, p. 202, 2016.
- [7] A.H. Ahmad, S.F. Yanuar, and R.B. Hamduwibawa, "Studi Pengaruh Jenis Semen Pada Campuran Beton 1:2: ", *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, vol. 7, no. 2, p. 74, 2022.
- [8] M. Setiawati, "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton", *Prosiding Semnastek*, vol. 2, p. 1, 2018.

- [9] T.F. Luan and M.D. Erfan, "Pengaruh Pemakaian Fly Ash sebagai Cementitious pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28–91 Hari", *Sondir*, vol. 1, p. 78, 2020.
- [10] F.M.V. Gobel, "Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slump Beton Tertentu", *Radial*, vol. 5, no. 1, p. 22, 2019.
- [11] F.P. Pane, H. Tanudjaja, and R.S. Windah, "Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Kuat Tekan Beton", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 5, p. 313, 2015.
- [12] W.I. Dharmawan, D. Oktarina, and M. Safitri, "Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Machine Terhadap Beton Pasca Bakar", *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 22, no. 1, p. 35, 2016.
- [13] N.S.M. Siahaan, M.D. Sumajouw, and M.R. Mondoringin, "Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 4, p. 635, 2020.
- [14] E. Widyananto, N. Alami, and H. Suladi, "Analisis Kuat Tekan Batako dengan Agregat Halus Abu Batu Dan Limbah Styrofoam", *Surya Beton: Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, p. 53, 2021.
- [15] SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 1990.
- [16] N.A.W. Samawi, Y.A. Saputro, and N. Hidayati, "Analisis Mutu Beton Berbahan FABA (*Fly Ash Bottom Ash*) Sebagai Pengganti Agregat Halus Dengan Mengacu Proporsi Campuran Pada Analisa Harga Satuan Pekerja", *Jurnal Civil Engineering Study*, vol. 4, no. 1, p. 66, 2024.
- [17] Angraini and Muthia, "Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Rongga Dalam Campuran Beraspal Panas", *Program Studi Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 14, 2018.

This page is intentionally left blank