



Analisis Variasi Abu Batu sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete (SCC)

(Analysis of Stone Ash Variation as a Partial Substitution of Fine Aggregate on the Compressive Strength of Self-Compacting Concrete (SCC))

I Made Karya Jurdiawan¹, Kasmat Saleh Nur², Sartika Dewi Usman³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

madejurdi88@gmail.com¹, kasmatnur@ung.ac.id², sartikadewi@ung.ac.id³

Article Info	Abstract
Article history: Received: 29 Januari 2026 Revised: 26 Februari 2026 Accepted: 27 Februari 2026	<i>Self-Compacting Concrete (SCC) is designed to flow and consolidate under its own weight without mechanical vibration while maintaining high workability. The properties of SCC are strongly influenced by the characteristics of fine aggregate. Stone ash, which has fine particles and a rough surface texture, has the potential to be used as a partial replacement for fine aggregate. This study investigated the effect of stone ash substitution on the compressive strength and fresh properties of SCC in accordance with the European Federation of National Associations Representing for Concrete (EFNARC) 2005 criteria. Stone ash was substituted at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the fine aggregate content. Fresh concrete tests included slump flow, T_{500}, J-Ring, and GTM Screen Ability, while compressive strength was tested at 28 days. The results showed that all mixtures met the slump flow, viscosity, and GTM Screen Ability requirements. However, the 5% variation showed less satisfactory performance in the T_{500} test, and the 5%, 10%, and 15% variations were classified as Category III (poor) in the J-Ring test. Compressive strength increased at 5%, 10%, and 15% substitutions to 36.66 MPa, 35.80 MPa, and 35.94 MPa, respectively, compared to 30.19 MPa for the control mix. The highest strength was achieved at 5% substitution, representing a 21.43% increase. At 20% substitution, compressive strength decreased to 34.25 MPa. These findings indicate that limited stone ash substitution can enhance SCC compressive strength while maintaining acceptable fresh concrete performance.</i>
Keywords: Self-Compacting Concrete Stone Ash Fine Aggregate Compressive Strength EFNARC 2005	
Kata Kunci: Self-Compacting Concrete Abu Batu Agregat Halus Kuat Tekan EFNARC 2005	

Abstrak

Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan beton yang mampu mengalir dan memadat secara mandiri tanpa getaran mekanis serta memiliki tingkat kelecakan yang tinggi. Sifat SCC sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat halus. Abu batu yang memiliki ukuran partikel halus dan tekstur permukaan kasar berpotensi digunakan sebagai substitusi parsial agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi abu batu terhadap kuat tekan dan karakteristik beton segar SCC berdasarkan standar EFNARC 2005. Variasi substitusi abu batu yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat agregat halus. Pengujian beton segar meliputi slump flow, T_{500} , J-Ring, dan GTM Screen Ability, sedangkan pengujian beton keras dilakukan melalui uji kuat tekan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran memenuhi kriteria slump flow, viskositas, dan GTM Screen Ability. Namun, pada pengujian T_{500} , variasi 5% menunjukkan hasil kurang memuaskan. Pada

pengujian J-Ring, variasi 5%, 10%, dan 15% termasuk dalam Kategori III (buruk). Hasil uji kuat tekan menunjukkan peningkatan pada variasi 5%, 10%, dan 15% masing-masing sebesar 36,66 MPa, 35,80 MPa, dan 35,94 MPa dibandingkan beton kontrol sebesar 30,19 MPa. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 5% dengan peningkatan 21,43%. Pada variasi 20%, kuat tekan menurun menjadi 34,25 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa substitusi abu batu dalam jumlah terbatas dapat meningkatkan kuat tekan SCC dengan tetap mempertahankan kinerja beton segar yang memadai.

Corresponding Author:

I Made Karya Jurdiawan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
madejurdi88@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur modern karena memiliki kuat tekan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta kemudahan dalam pembentukan elemen struktur dengan berbagai bentuk dan dimensi. Beton digunakan secara luas pada bangunan gedung, jembatan, jalan, pelabuhan, bendungan, dan berbagai struktur teknik sipil lainnya. Selain itu, ketersediaan bahan penyusun beton yang relatif mudah diperoleh serta biaya produksi yang kompetitif menjadikan beton sebagai material utama dalam industri konstruksi. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi dan meningkatnya kompleksitas desain struktur, tuntutan terhadap mutu beton tidak lagi hanya terbatas pada kekuatan tekan, tetapi juga mencakup aspek kemudahan pengerjaan (*workability*), stabilitas campuran, ketahanan terhadap segregasi, serta kualitas hasil akhir permukaan beton.

Salah satu inovasi dalam teknologi beton yang berkembang untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah Self-Compacting Concrete (SCC). SCC merupakan jenis beton yang mampu mengalir, memadat, dan mengisi seluruh ruang cetakan secara mandiri tanpa memerlukan proses pemadatan mekanis seperti penggetaran (Okamura & Ouchi, 2003). Konsep SCC pertama kali dikembangkan di Jepang sebagai solusi atas permasalahan kualitas beton akibat kurang optimalnya proses pemadatan di lapangan. Keunggulan utama SCC terletak pada kemampuannya untuk mengalir melalui celah tulangan yang rapat dan mengisi bagian struktur dengan bentuk kompleks tanpa menimbulkan segregasi maupun rongga (*honeycomb*). Oleh karena itu, penggunaan SCC sangat efektif pada struktur dengan penulangan padat, elemen pracetak, serta konstruksi yang menuntut kualitas permukaan tinggi dan efisiensi waktu pelaksanaan.

Kinerja SCC sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya, terutama proporsi agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan bahan tambah kimia (*admixture*). Agregat halus memiliki peran yang sangat penting dalam mengontrol *workability*, stabilitas campuran, serta sifat mekanik beton secara keseluruhan (Neville, 1963). Distribusi ukuran butir agregat halus yang tepat akan mempengaruhi kepadatan campuran, kebutuhan pasta semen, serta kemampuan alir beton. Pada beton SCC, keseimbangan antara kemampuan alir (*flowability*), kemampuan melewati tulangan (*passing ability*), dan ketahanan terhadap segregasi (*segregation resistance*) harus dicapai secara simultan. Oleh karena itu, modifikasi pada komposisi agregat halus berpotensi memberikan pengaruh signifikan terhadap performa beton SCC baik dalam kondisi segar maupun setelah mengeras.

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian berfokus pada pemanfaatan material alternatif sebagai substitusi parsial agregat halus. Upaya ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kinerja beton, tetapi juga sebagai bentuk pemanfaatan limbah industri dan optimalisasi material lokal yang tersedia di sekitar lokasi proyek. Salah satu material yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan adalah abu batu, yaitu material hasil sampingan dari proses pemecahan batu pada *stone crusher*. Abu batu umumnya memiliki ukuran partikel yang lebih halus dibandingkan pasir alami serta tekstur permukaan yang lebih kasar. Karakteristik ini memungkinkan abu batu berfungsi sebagai *filler* yang dapat mengisi rongga antarbutir dan meningkatkan kepadatan beton.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang bervariasi terkait penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus. Menurut Kurnyawan et al. (2014), semakin besar persentase abu batu yang digunakan sebagai pengganti pasir, maka kuat tekan beton cenderung menurun, dan penggunaan lebih dari 20% tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan. Sebaliknya, Harjono (2017) melaporkan bahwa variasi abu batu hingga 40% mampu meningkatkan kuat tekan beton, namun pada persentase 60% sampai 100%

terjadi penurunan kekuatan secara signifikan. Sementara itu, Husnah (2016) memperoleh kuat tekan beton tertinggi sebesar 54,0 MPa pada umur 28 hari, meskipun belum mencapai mutu rencana 80 MPa yang ditargetkan. Ketidaktercapaian mutu tersebut diduga dipengaruhi oleh kadar lumpur dalam agregat sebesar 1,8%, yang berpotensi mengganggu proses hidrasi dan ikatan pasta semen.

Selain penelitian tersebut, studi lain menunjukkan bahwa penggunaan abu batu sebagai substitusi parsial agregat halus dapat meningkatkan kepadatan beton dan memperbaiki ikatan antar partikel karena ukuran butirannya yang lebih halus (Pradhipta et al., 2022; Rahmatullah, 2025). Partikel halus abu batu dapat mengisi rongga mikro di antara agregat dan meningkatkan efek pengisian (*filler effect*), sehingga menghasilkan struktur beton yang lebih rapat dan kuat. Namun demikian, penelitian oleh Kumar (2020) menyatakan bahwa penggunaan abu batu dalam jumlah berlebih dapat menurunkan *workability* dan kuat tekan beton akibat meningkatnya luas permukaan spesifik dan kebutuhan air yang lebih besar. Peningkatan kebutuhan air ini berpotensi mengganggu rasio air-semen yang optimal dan menurunkan kualitas beton.

Perbedaan hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya ketidak-konsistenan temuan terkait batas optimum penggunaan abu batu, khususnya pada beton SCC yang memiliki karakteristik berbeda dengan beton konvensional. SCC memerlukan kontrol gradasi dan proporsi partikel halus yang lebih ketat untuk menjaga keseimbangan antara kemampuan alir dan stabilitas campuran. Oleh karena itu, kajian lebih lanjut mengenai penggunaan abu batu pada beton SCC menjadi penting untuk menentukan persentase substitusi yang memberikan kinerja optimal baik dari segi kuat tekan maupun karakteristik beton segar.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi abu batu sebagai substitusi parsial agregat halus terhadap kuat tekan beton Self-Compacting Concrete (SCC) serta mengevaluasi karakteristik beton segar SCC berdasarkan standar European Federation of National Associations Representing for Concrete (2005). Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo dengan variasi kadar abu batu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat agregat halus. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pemanfaatan material lokal secara optimal serta menjadi referensi dalam pengembangan campuran beton SCC yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo untuk menganalisis pengaruh variasi abu batu sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton Self-Compacting Concrete (SCC). Metode eksperimental dipilih karena memberikan kontrol yang sistematis terhadap variabel penelitian sehingga hubungan sebab-akibat antara kadar abu batu dan kinerja beton SCC dapat dianalisis secara objektif, terukur, dan terulang. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase substitusi abu batu, sedangkan variabel terikat meliputi sifat beton segar dan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

2.2 Bahan dan Variasi Campuran

Bahan yang digunakan terdiri atas semen Portland Composite Cement (PCC), agregat halus, agregat kasar, dan abu batu yang diperoleh dari hasil sampingan proses pemecahan batu pada stone crusher PT. Cahaya Mandiri Persada (CMP). Selain itu digunakan air bersih yang memenuhi persyaratan air pencampur beton serta bahan tambah kimia berupa superplasticizer Sika ViscoCrete-3115 N sebesar 1,5% dari berat semen. Abu batu digunakan sebagai substitusi parsial agregat halus dengan variasi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat agregat halus. Setiap variasi dirancang dengan komposisi material yang sama, kecuali pada proporsi abu batu yang menggantikan sebagian agregat halus.

2.3 Perancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton SCC disusun mengacu pada standar SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal serta kriteria SCC berdasarkan pedoman European Federation of National Associations Representing for Concrete (2005). Perancangan dilakukan untuk memastikan bahwa campuran memenuhi persyaratan kemampuan alir (*flowability*), kemampuan melewati tulangan (*passing ability*), dan ketahanan terhadap segregasi (*segregation resistance*). Dengan demikian, perubahan sifat beton yang terjadi dapat dikaitkan secara langsung dengan variasi kadar abu batu.

2.4 Prosedur Pengujian Beton Segar

Penelitian diawali dengan pengujian sifat fisik material, meliputi pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis, kadar air, dan keausan agregat untuk memastikan kesesuaian dengan persyaratan bahan penyusun beton. Selanjutnya dilakukan proses pencampuran menggunakan concrete mixer hingga campuran homogen. Pengujian beton segar dilakukan berdasarkan Spesifikasi Khusus Interim Beton Memadat Sendiri (2017), yang meliputi uji slump flow dan T_{500} untuk mengevaluasi kemampuan alir dan viskositas, uji J-Ring untuk menilai *passing ability*, serta uji GTM Screen Ability untuk mengukur ketahanan terhadap segregasi. Hasil pengujian dibandingkan dengan kriteria SCC menurut EFNARC (2005).

2.5 Pembuatan dan Pengujian Beton Keras

Setelah pengujian beton segar, campuran dituangkan ke dalam cetakan silinder tanpa pemadatan mekanis sesuai karakteristik SCC yang mampu memadat sendiri. Benda uji dидiamkan selama 24 jam sebelum dilepas dari cetakan, kemudian direndam dalam air sebagai proses curing hingga mencapai umur 28 hari. Pada umur tersebut dilakukan pengujian kuat tekan. Nilai kuat tekan diperoleh dari hasil pembebanan maksimum yang diterima benda uji dibagi dengan luas penampang silinder.

2.6 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh melalui pencatatan langsung hasil pengujian beton segar dan beton keras pada setiap variasi campuran. Data yang terkumpul dianalisis secara komparatif dengan membandingkan nilai rata-rata hasil pengujian masing-masing variasi abu batu. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kecenderungan perubahan sifat beton akibat peningkatan kadar substitusi abu batu serta untuk menentukan variasi optimum berdasarkan kinerja beton segar dan kuat tekan 28 hari.

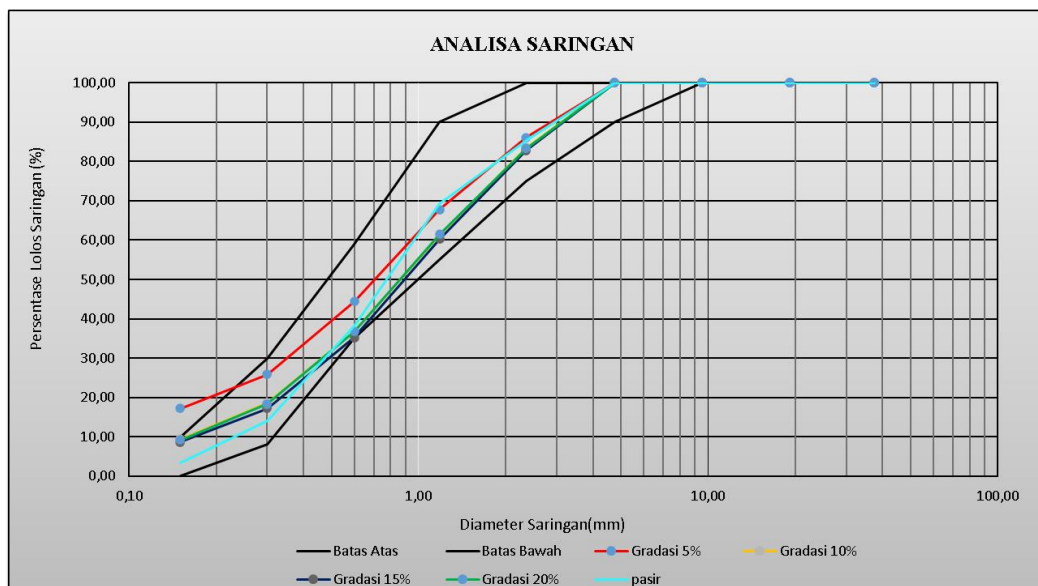
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Saringan Agregat

SNI 03-6773-2002 Gradasi agregat adalah sebaran ukuran agregat. Agregat yang baik harus memiliki variasi ukuran yang beragam, sehingga dapat saling mengisi dan menghasilkan campuran yang padat. Hasil pengujian gradasi agregat (batu pecah dan pasir) dalam campuran beton ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

Table 1. Gradasi Agregat Halus Variasi Campuran Pasir dan Abu Batu

Lubang Ayakan (mm)	Variasi abu batu 5%		Variasi abu batu 10%		Variasi abu batu 15%		Variasi abu batu 20%	
	Persentase Kumulatif Rata-rata (%)		Persentase Kumulatif Rata-rata (%)		Persentase Kumulatif Rata-rata (%)		Persentase Kumulatif Rata-rata (%)	
	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos
9,5	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0
4,75	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0
2,35	13,90	86,10	16,45	83,55	17,26	82,75	16,68	83,32
1,18	32,24	67,77	38,69	61,31	39,76	60,24	38,57	61,44
0,6	55,62	44,39	63,27	36,73	64,83	35,18	63,24	36,76
0,3	74,18	25,83	81,35	18,65	82,76	17,25	81,65	18,36
0,15	82,80	17,20	90,59	9,41	91,33	8,68	90,86	9,15
PAN	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00



Gambar 1. Grafik Agregat Halus Variasi Campuran Pasir dan Abu Batu

Hasil analisis gradasi agregat halus pada variasi campuran pasir dan abu batu menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran masih memenuhi kriteria sebagai agregat halus berdasarkan distribusi ukuran

butirnya. Pada saringan berukuran besar seperti 1½", ¾", ¾", dan No. 4, seluruh variasi menunjukkan persentase lolos sebesar 100%. Hal ini menegaskan bahwa material yang digunakan tidak mengandung fraksi agregat kasar dan sepenuhnya berada dalam rentang agregat halus. Kondisi tersebut penting dalam perancangan Self-Compacting Concrete (SCC), karena konsistensi ukuran butir halus sangat berpengaruh terhadap workability dan stabilitas campuran.

Perbedaan karakteristik gradasi mulai terlihat pada saringan yang lebih kecil, yaitu dari No. 8 hingga No. 100. Pada rentang ini, variasi substitusi abu batu 5% menunjukkan persentase lolos yang relatif lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya, bahkan sedikit melampaui batas atas gradasi yang direkomendasikan pada beberapa titik saringan. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan abu batu dalam jumlah kecil meningkatkan proporsi butiran sangat halus (filler), sehingga campuran menjadi lebih kaya partikel mikro. Sementara itu, variasi 10%, 15%, dan 20% memperlihatkan pola distribusi yang lebih terkendali dan cenderung berada di antara batas atas dan batas bawah gradasi, menunjukkan distribusi ukuran butir yang lebih seimbang.

Secara umum, penambahan abu batu mempengaruhi kurva gradasi dengan meningkatkan proporsi partikel halus dan memperkecil rongga antarbutir (void ratio), yang berpotensi meningkatkan kepadatan campuran. Meskipun terjadi perubahan distribusi butiran, seluruh variasi campuran masih berada dalam Zona II (pasir sedang), yang berarti gradasi agregat halus tetap sesuai untuk digunakan dalam campuran beton, khususnya SCC yang membutuhkan keseimbangan antara kemampuan alir dan ketahanan terhadap segregasi.

Setelah dilakukan gradasi adapu perhitungan modulus halus butir agregat halus, pasir dan variasi pasir yaitu sebagai berikut:

Table 2. Nilai MHB gabungan

Variasi Abu Batu	Mhb
Variasi 0%	2,90
Variasi 5%	3,59
Variasi 10%	3,90
Variasi 15%	3,96
Variasi 20%	3,91

Modulus Halus Butir merupakan parameter yang diperoleh dari penjumlahan persentase kumulatif tertahan pada saringan standar tertentu, kemudian dibagi 100. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan kecenderungan ukuran rata-rata butiran agregat halus. Semakin besar nilai MHB, maka agregat cenderung memiliki ukuran butir yang lebih kasar, sedangkan nilai yang lebih kecil menunjukkan agregat yang lebih halus.

Berdasarkan hasil perhitungan, agregat halus tanpa substitusi abu batu (variasi 0%) memiliki nilai MHB sebesar 2,90. Nilai ini masih berada dalam rentang umum agregat halus untuk beton normal dan menunjukkan karakteristik pasir sedang. Pada variasi substitusi abu batu 5%, nilai MHB meningkat menjadi 3,59. Kenaikan ini cukup signifikan dibandingkan kondisi tanpa substitusi, yang menunjukkan adanya perubahan distribusi butiran akibat penambahan material hasil pemecahan batu tersebut.

Pada variasi 10%, 15%, dan 20%, nilai MHB berturut-turut sebesar 3,90; 3,96; dan 3,91. Nilai tertinggi diperoleh pada variasi 15%, yang mengindikasikan bahwa pada komposisi tersebut agregat gabungan memiliki kecenderungan ukuran butir paling kasar dibandingkan variasi lainnya. Meskipun pada variasi 20% terjadi sedikit penurunan menjadi 3,91, nilainya tetap lebih tinggi dibandingkan variasi 5% dan 10%.

Secara umum, peningkatan persentase substitusi abu batu menyebabkan kenaikan nilai MHB, yang berarti gradasi agregat gabungan menjadi relatif lebih kasar. Perubahan ini menunjukkan bahwa penambahan abu batu memengaruhi distribusi ukuran butir secara signifikan, yang selanjutnya dapat berdampak pada kebutuhan pasta semen, tingkat workability, serta kepadatan dan kuat tekan beton SCC yang dihasilkan.

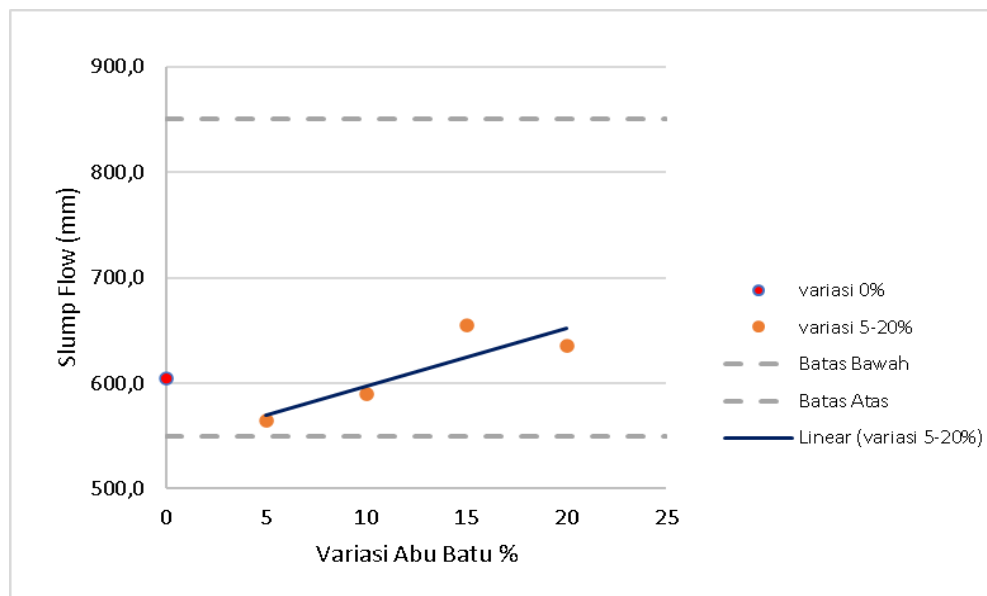
3.2 Hasil pengujian *Slump flow* dan T_{500} Beton SCC

SNI 9024:2021 Pengujian slump flow dilakukan untuk menilai kemampuan alir (flowability) beton Self Compacting Concrete (SCC) tanpa pemadatan mekanis. Hasil pengujian menunjukkan nilai diameter dan waktu aliran berada dalam kisaran yang direncanakan, menandakan bahwa campuran memiliki tingkat kelecakan dan kekentalan yang sesuai. Pengaturan kadar air dan superplasticizer memungkinkan beton mengalir dengan baik tanpa terjadi segregasi. Hasil pengujian slump flow dan T_{500} disajikan pada Tabel 3, Gambar 2. dan Gambar 3.

Table 3. *Slump flow Test* Beton SCC

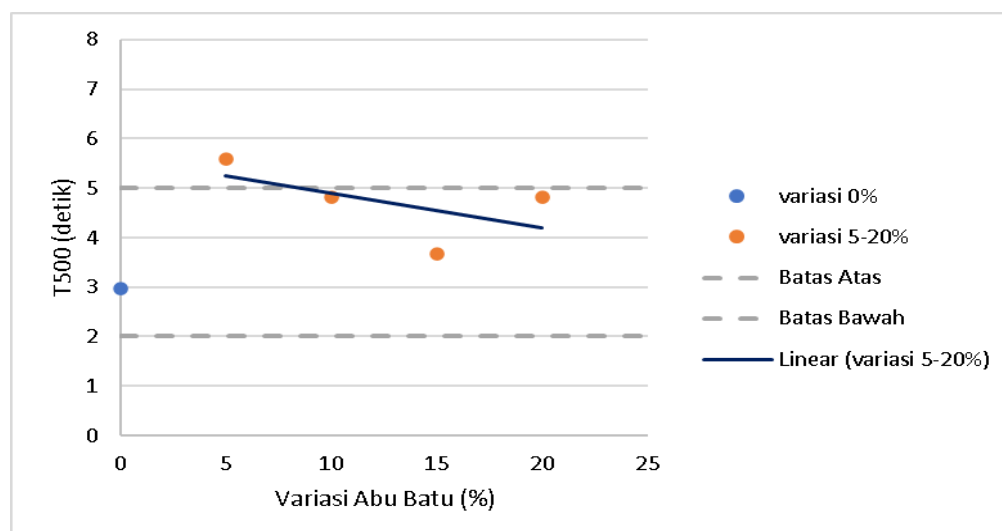
Variasi	T_{500}	Keterangan	Slump Flow	Keterangan
---------	-----------	------------	------------	------------

	(detik)		(mm)	
Abu batu 0%	2,36	baik	605,0	Memenuhi
Abu batu 5%	5,6	Kurang baik	565,0	Memenuhi
Abu batu 10%	4,82	baik	590,0	Memenuhi
Abu batu 15%	3,67	baik	655,0	Memenuhi
Abu batu 20%	4,81	baik	635,0	Memenuhi



Gambar 2. Slump flow Test

Berdasarkan hasil pengujian slump flow gambar 2 dan Gambar 3, variasi tanpa abu batu (AB 0%) menghasilkan diameter slump flow rata-rata sebesar 605 mm dengan nilai T500 sebesar 2,96 detik, yang menunjukkan kemampuan alir beton yang baik. Pada variasi abu batu 5%, diameter slump flow menurun menjadi 565 mm disertai peningkatan nilai T500 menjadi 5,6 detik, menandakan berkurangnya kemampuan alir akibat distribusi partikel halus yang belum seimbang. Selanjutnya, pada variasi abu batu 10%, diameter slump flow meningkat menjadi 590 mm dengan nilai T500 sebesar 4,82 detik, menunjukkan perbaikan kemampuan alir seiring distribusi partikel halus yang lebih merata dibandingkan variasi 5%.



Gambar 3. Grafik T₅₀₀ beton scc

Nilai slump flow tertinggi diperoleh pada variasi abu batu 15% sebesar 655 mm dengan nilai T500 3,67 detik, yang menunjukkan kontribusi optimal abu batu dalam memperbaiki gradasi agregat halus. Pada variasi abu batu 20%, diameter slump flow menurun menjadi 635 mm dengan nilai T500 meningkat menjadi 4,81 detik, mengindikasikan peningkatan viskositas beton akibat bertambahnya fraksi partikel sangat halus.

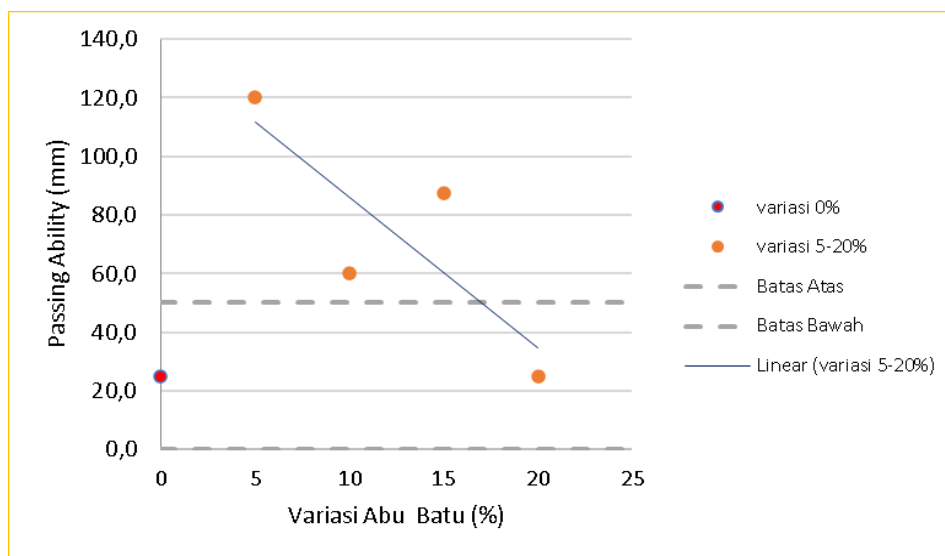
Seluruh variasi campuran memiliki nilai VSI = 1, yang menunjukkan tidak terjadinya segregasi maupun bleeding, sehingga penggunaan abu batu hingga kadar 20% masih mampu menjaga stabilitas beton Self-Compacting Concrete (SCC).

3.3 Hasil pengujian *J-Ring Test* Beton SCC

SNI 8309:2016 Pengujian *J-Ring* dilakukan untuk menilai kemampuan beton Self Compacting Concrete (SCC) dalam mengalir dan melewati celah antar tulangan tanpa mengalami hambatan atau segregasi. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan tinggi dan diameter aliran masih berada dalam batas yang dipersyaratkan, menandakan bahwa campuran memiliki kemampuan passing ability yang baik. Hasil pengujian *J-Ring* disajikan pada Gambar 4.

Table 4. *J-Ring test* Beton SCC

No	Variasi	Jenis Uji				Diameter Rata-Rata		Perbedaan Passing ability	Kategori Penilaian
		J-Ring flow		Slump flow		J-Ring flow	Slump flow		
		j ₁	j ₂	d ₁	d ₂	J rata-rata	d rata-rata		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm		
1	AB 0%	600	630	650	630	615	640	25	I
2	AB 5%	450	440	550	580	445	565	120	III
3	AB 10%	490	570	600	580	530	590	60	III
4	AB 15%	570	565	650	660	567,5	655	87,5	III
5	AB 20%	620	600	630	640	610	635	25	I



Gambar 4. *J-Ring Test* Beton SCC

Berdasarkan hasil pengujian *J-Ring* dan slump flow, diperoleh variasi passing ability beton SCC pada setiap kadar abu batu. Variasi 0% dan 20% abu batu menunjukkan perbedaan nilai *J-Ring* dan slump flow sebesar 25 mm, sehingga termasuk kategori I (baik). Sebaliknya, variasi abu batu 5%, 10%, dan 15% menunjukkan selisih yang lebih besar, masing-masing sebesar 120 mm, 60 mm, dan 87,5 mm, yang dikategorikan sebagai kategori III (kurang baik). Peningkatan selisih antara nilai *J-Ring* dan slump flow menunjukkan adanya hambatan alir beton saat melewati celah tulangan akibat interaksi antarbutiran agregat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu batu pada proporsi tertentu berpengaruh terhadap kemampuan alir beton SCC, khususnya dalam passing ability.

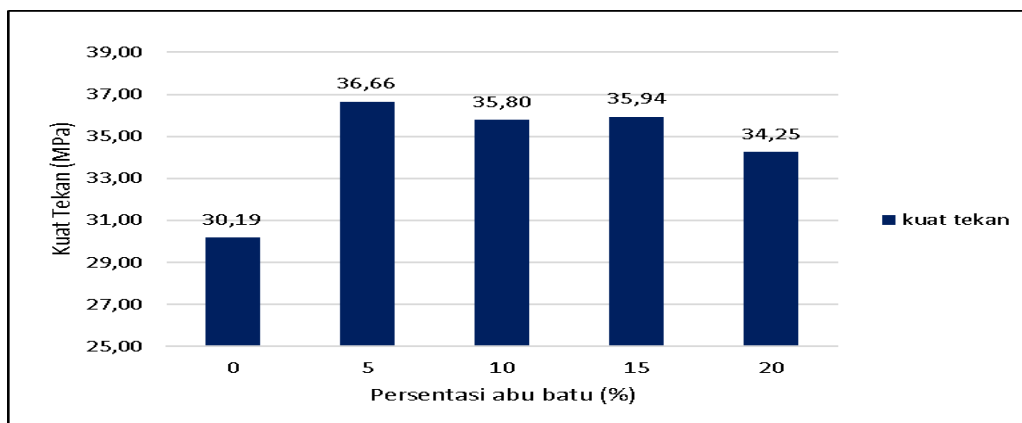
3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

SNI 1974:2011 Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dari silinder beton, Pengujian kuat tekan dilakukan saat umur 28 hari rendaman. Adapun hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan dalam Tabel 5 untuk mutu 30 MPa.

Table 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	Variasi	Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1	AB 0 %	1	30,86	30,19
		2	29,52	
		3	24,65	
2	AB 5 %	1	26,36	36,66
		2	37,32	
		3	35,99	
3	AB 10 %	1	35,64	35,80
		2	35,95	
		3	28	
4	AB 15 %	1	34,33	35,94
		2	33,57	
		3	39,91	
5	AB 20 %	1	34,21	34,25
		2	33,57	
		3	34,96	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton Self-Compacting Concrete (SCC) pada umur 28 hari, substitusi abu batu sebagai agregat halus memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan sebesar 30,19 MPa diperoleh pada variasi 0%, kemudian meningkat menjadi 36,66 MPa pada variasi 5%, selanjutnya sedikit menurun pada variasi 10% dan 15% masing-masing sebesar 35,80 MPa dan 35,94 MPa, serta kembali menurun menjadi 34,25 MPa pada variasi 20%. Pola tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan optimum dicapai pada variasi abu batu 5%. Peningkatan kuat tekan pada variasi abu batu 5% disebabkan oleh perbaikan gradasi agregat halus yang menghasilkan susunan butiran lebih seimbang, ditunjukkan oleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,59. Gradasi yang lebih baik meningkatkan kepadatan dan kualitas ikatan antara pasta semen dan agregat, sehingga berdampak positif terhadap kuat tekan beton SCC.



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton

Pada variasi abu batu 10% dan 15%, nilai kuat tekan beton relatif tidak mengalami peningkatan yang signifikan dan cenderung hampir sama. Hal ini disebabkan oleh pergeseran keseimbangan gradasi agregat halus ke arah lebih kasar, yang ditunjukkan oleh meningkatnya nilai Modulus Halus Butir (MHB) menjadi 3,90 dan 3,96, sehingga susunan agregat tidak seoptimal variasi 5%. Meskipun demikian, kuat tekan yang dihasilkan masih lebih tinggi dibandingkan variasi tanpa abu batu. Pada variasi abu batu 20%, kuat tekan beton mengalami penurunan akibat semakin terganggunya keseimbangan gradasi agregat halus karena tingginya proporsi abu batu, yang menyebabkan distribusi ukuran butiran dan efektivitas ikatan pasta semen menurun, sehingga berdampak pada penurunan kuat tekan beton SCC.

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan abu batu sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton Self-Compacting Concrete (SCC) terbukti memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat

tekan beton pada umur 28 hari. Seluruh variasi substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton kontrol tanpa abu batu (30,19 MPa). Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 5% sebesar 36,66 MPa atau meningkat 21,43% dibandingkan beton normal. Variasi 10% dan 15% masing-masing menghasilkan kuat tekan sebesar 35,80 MPa dan 35,94 MPa, yang juga menunjukkan peningkatan signifikan. Namun, pada variasi 20% terjadi penurunan kuat tekan menjadi 34,25 MPa, meskipun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan beton tanpa substitusi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu batu dalam jumlah terbatas dapat meningkatkan kepadatan struktur beton dan efektivitas pengisian rongga (filler effect), tetapi pada kadar yang terlalu tinggi dapat menurunkan kinerja akibat perubahan distribusi butiran dan kebutuhan pasta semen.

Dari aspek karakteristik beton segar, seluruh variasi substitusi 0–20% masih memenuhi kriteria Self-Compacting Concrete berdasarkan pedoman European Federation of National Associations Representing for Concrete (2005), terutama dalam parameter slump flow dan ketahanan terhadap segregasi (GTM Screen Ability). Meskipun demikian, pada variasi 5% terjadi peningkatan viskositas yang kurang optimal dengan nilai T_{500} sebesar 5,6 detik, yang menunjukkan aliran beton relatif lebih lambat. Selain itu, pada variasi 5%, 10%, dan 15% terjadi penurunan passing ability berdasarkan hasil uji J-Ring yang termasuk dalam Kategori III (buruk). Kondisi ini mengindikasikan adanya kecenderungan hambatan aliran saat melewati tulangan akibat peningkatan fraksi partikel halus. Namun secara umum, beton masih menunjukkan kemampuan alir dan pemadatan mandiri yang dapat diterima sesuai kriteria SCC.

4.2 Saran/Rekomendasi

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan abu batu terhadap sifat mekanik beton lainnya, seperti kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas, sehingga diperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa struktural beton SCC dengan substitusi abu batu. Selain itu, perlu dilakukan variasi umur pengujian (misalnya 7, 14, dan 56 hari) guna mengetahui perkembangan kekuatan beton secara lebih komprehensif.

Penelitian lanjutan juga dapat mempertimbangkan analisis mikrostruktur untuk memahami mekanisme interaksi antara partikel abu batu dan pasta semen, serta evaluasi aspek durabilitas seperti permeabilitas dan ketahanan terhadap lingkungan agresif. Dengan demikian, pemanfaatan abu batu sebagai material alternatif tidak hanya memberikan peningkatan kuat tekan, tetapi juga menjamin kinerja jangka panjang beton SCC secara menyeluruh.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000).
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata cara pemeriksaan gradasi agregat (SNI 03-6773-2002).
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011).
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). Metode uji J-Ring beton memadat sendiri (SNI 8309:2016).
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). Metode pengujian slump flow beton memadat sendiri (SNI 9024:2021).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). Spesifikasi khusus interim beton memadat sendiri (Self-Compacting Concrete).
- European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. (2005). The European guidelines for self-compacting concrete. EFNARC.
- Harjono, J. (2017). Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Husnah, H. (2016). Analisa perencanaan beton mutu tinggi (high strength concrete) dengan semen holcim. *Racic: Rab Construction Research*, 1(02), 135-144.
- Kumar, R. (2020). An Experimental Study on Concrete using Stone Dust as Fine Aggregates. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(4), 3069-3077.
- Kurnyawan, D., Aswatama, K., & Suyoso, H. (2014). Pengaruh Abu Batu Sebagai Pengganti Pasir Untuk Pembuatan Beton. *UNEJ JURNAL*, 1 (1), 1-3.
- Neville, A. M. (1963). *Properties of concrete*. Pearson Education India.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-compacting concrete. *Journal of advanced concrete technology*, 1(1), 5-15.
- Pradhipta, R., Rahmayanti, N., Ulfah Jamal, A., & Hardawati, A. (2022). Pengaruh Penggunaan Abu Batu sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus terhadap Karakteristik Beton pada Mutu 30 MPa. Universitas Islam Indonesia.
- Rahmatullah, M. N. (2025). *Pengaruh Substitusi Parsial Agregat Halus dengan Abu Batu dan Semen Dengan Fly Ash Terhadap Sifat Mekanis Beton* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).