

Self-Compacting Lightweight Concrete dengan Substitusi Sebagian Agregat Kasar Batu Apung

ERLAND MUTHAHHARI IRAWAN¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institusi Teknologi Nasional Bandung
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
- Email : is.erland12@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi agregat kasar batu apung (30%, 40%, 50%) dengan penggunaan diatomit 20% pengganti sebagian semen pada kinerja Self-Compacting Lightweight Concrete (SCLC). Parameter yang diuji adalah berat jenis dan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan mutu beton 30 Mpa. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa peningkatan kadar batu apung dapat menurunkan berat jenis beton, dari 2102,99 kg/m³ (30%) menjadi 1763,01 kg/m³ (50%). Kuat tekan yang dihasil pada umur 28 hari mengalami penurunan seiring meningkatnya kadar batu apung yaitu 20,53 MPa (30%), 14,69 Mpa (40%), 12,03 MPa (50%). Penggunaan substitusi diatomit 20% pada semen berkontribusi terhadap pemadatan mikrostruktur melalui reaksi pozzolanik, namun tidak dapat mengkompensasi penurunan kekuatan akibat batu apung.

Kata kunci: Self-Compacting Lightweight Concrete, batu apung, diatomit, kuat tekan, berat jenis

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of substituting pumice aggregate (30%, 40%, 50%) with 20% diatomite replacing part of the cement on the performance of Self-Compacting Lightweight Concrete (SCLC). The parameters tested were the density and compressive strength of concrete at 28 days with a concrete quality of 30 MPa. The test results showed that an increase in the pumice content could reduce the density of concrete, from 2102.99 kg/m³ (30%) to 1763.01 kg/m³ (50%). The compressive strength produced at 28 days decreased as the pumice content increased, which was 20.53 MPa (30%), 14.69 MPa (40%), and 12.03 MPa (50%). The use of 20% diatomite substitution in cement contributes to microstructural compaction through pozzolanic reactions, but cannot compensate for the decrease in strength due to pumice.

Keywords: Self-Compacting Lightweight Concrete, pumice, diatomite, compressive strength, density

1. PENDAHULUAN

Self-Compacting Lightweight Concrete (SCLC) merupakan beton yang mengombinasikan kemampuan memadat sendiri dan berat jenis yang lebih rendah dari beton konvensional, SCLC berpotensi mengurangi beban mati pada struktur. Penggunaan agregat ringan alami seperti batu apung menjadi salah satu yang menjanjikan, namun porositas yang tinggi tersebut cenderung menurunkan kuat tekan beton. Maka dari itu diperlukan peningkatan kinerja mekanis melalui pemanfaatan bahan tambah mineral pozzolan seperti diatomit, yang memiliki kandungan silika amorf tinggi dan ukuran partikel yang halus. Kombinasi substitusi batu apung terhadap agregat kasar dan diatomit terhadap semen diharapkan mampu menghasilkan SCLC dengan keseimbangan antara workability, berat jenis, dan kuat tekan yang memadai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diatomit

Diatomaceous earth (DE) atau yang bisa disebut tanah diatom adalah batuan sedimen silika yang terbentuk dari sisa-sisa fosil diatom, sejenis ganggang bersel tunggal purba, cangkang kecilnya mengelupas dan membentuk lapisan tipis setelah berabad-abad. Diatomit merupakan sumber silika amorf (SiO_2) yang melimpah dan secara luas digunakan sebagai bahan tambahan mineral ramah lingkungan untuk meningkatkan sifat beton, kadar silika amorf yang dimiliki diatomit sebesar 93,1% dilampirkan pada Tabel 1 (Akhmad, 2024). Kandungan silika amornya akan terjadi reaksi terhadap kalsium hidroksida (CH) yang merupakan produk sampingan proses hidrasi semen yang akan membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H). Kalsium silikat hidrat (C-S-H) adalah komponen utama terhadap memberikan kekuatan pada beton. Proses ini tidak hanya mengonsumsi CH (yang seringkali menjadi titik lemah dalam beton), tetapi juga menghasilkan produk yang lebih stabil dan padat memperbaiki zona transisi antar muka dan *filler* halus yang dapat memperbaiki struktur mikro pasta semen. Secara visual diatomit dilampirkan pada **Gambar 1**.

Tabel 1 Uji XRF (*X-ray Fluorescence*), (Sumber: Akhmad, 2024)

Senyawa	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	GeO ₂	BaO
Satuan konsentrasi (%)	93,1	0,50	1,70	0,30	0,034	0,027	0,068	4,21	0,009	0,036	0,028	0,01



Gambar 1 Diatomit

2.2 Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah agregat ringan alami yang terbentuk dari proses vulkanik, khususnya dari pendinginan dan pemadatan lava cair yang sangat cepat. Proses ini menjebak gelembung-gelembung udara kecil di dalam material, menciptakan struktur yang sangat berpori dan ringan. Densitas agregat batu apung dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada sumbernya, mulai dari 500 - 1200 kg/m³. Akibat dari struktur berpori ini, batu apung memiliki tingkat penyerapan air yang relatif tinggi (Pirmohammadi Alishah, F., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental, dilakukan pada di Laboratorium Material Konstruksi Institut Teknologi Nasional Bandung. Menggunakan sampel uji berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan diuji kuat tekan dan berat jenis pada umur beton 28 hari, 3 buah sampel per variasi. Dengan variasi kombinasi dilampirkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Variasi kombinasi

Variasi	Agregat Kasar (%)		Powder (%)	
	Batu pecah	Batu apung	Semen	Diatomit
1	100	0	80	20
2	70	30	80	20
3	60	40	80	20
4	50	50	80	20

3.1 Material Bahan

Material bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Agregat kasar berupa batu pecah serta batu apung ukuran maksimal 20 mm, Agregat halus pasir Garut, Semen Tipe 1 merek tiga roda, Diatomit, Air dari laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Bandung, *Superplasticizer* Sika Viscocrete 3115N.

Material bahan agregat kasar dan agregat halus diuji kelayakannya dengan pengujian analisis saringan, berat isi, berat jenis, kadar air, dan kadar lumpur dengan mengacu pada SNI yang berlaku.

3.2 Perencanaan desain campuran

Perencanaan desain campuran menggunakan kombinasi dari *simple mix design* okamura dan SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana 30 Mpa. Berikut dasar desain campuran yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Dasar desain campuran (kg/m³)

Semen (kg)	584,416
Diatomit (kg)	0
Air (kg)	225
<i>superplasticizer</i> (kg)	9
Pasir (kg)	703,574
Batu pecah (kg)	721,246
Batu apung (kg)	0

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *compression machine* seperti pada **Gambar 2**. Mengacu pada SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Hasil pengujian dilampirkan pada **Tabel 4**.



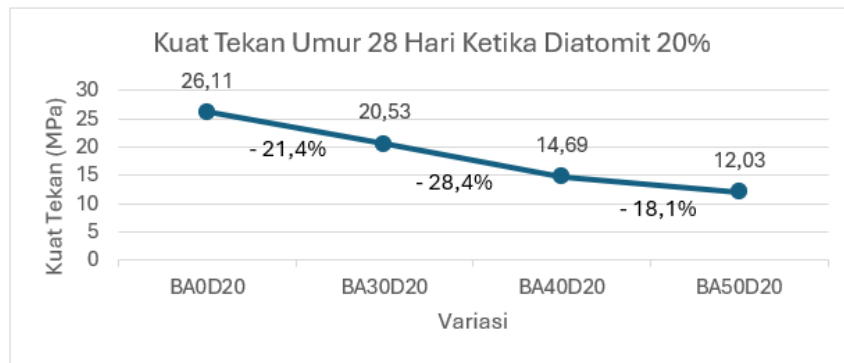
Gambar 2 Pengujian kuat tekan menggunakan *compression machine*

Tabel 4 Hasil kuat tekan beton umur 28 hari

Hasil Pengujian Kuat Tekan			
Variasi	Umur (hari)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	28	27,62	26,11
		23,93	
		26,77	
2		21,02	20,53
		20,47	
		20,1	
3		15,43	14,69
		14,05	
		14,6	
4		13,12	12,03
		11,75	
		11,21	

Pada **Tabel 4** menunjukkan ketika kadar diatomit 20% dengan peningkatan kadar batu apung menyebabkan penurunan kuat tekan beton umur 28 hari secara konsisten. hal ini berkaitan dengan meningkatnya porositas internal beton dan melemahnya zona transisi antar muka (*Interfacial Transition Zone/ITZ*) akibat karakteristik batu apung yang berpori dan memiliki kekuatan butir lebih rendah. Meskipun diatomit berperan sebagai material pozzolan yang memperbaiki zona transisi antar muka (ITZ) dan *filler* halus yang dapat memperbaiki struktur mikro pasta semen, karena kadarnya yang terlalu tinggi (20%) mengakibatkan efek positif diatomit tidak mampu menahan penurunan kuat tekan yang ditimbulkan oleh peningkatan kadar batu apung.

Berikut jika dalam bentuk grafik, dilampirkan pada **Gambar 3**



Gambar 3 Grafik hasil kuat tekan umur 28 hari

4.2 Berat Jenis

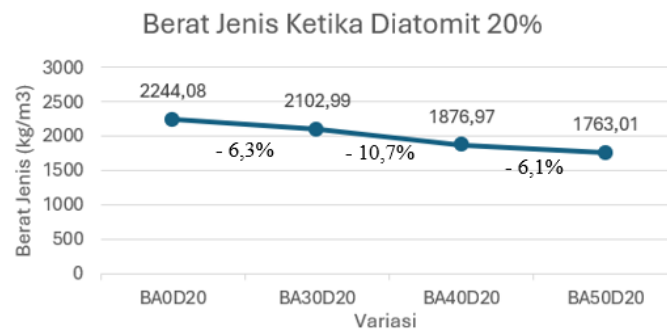
Pada pengujian berat jenis beton dilakukan dengan menimbang benda uji lalu dibagi dengan volume benda uji. Hasil pengujian berat jenis dilampirkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Hasil uji berat jenis beton

Variasi	Berat	Berat jenis	Berat jenis rata - rata
	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
1	3,534	2249,81	2244,08
	3,504	2230,72	
	3,537	2251,72	
2	3,319	2112,94	2102,99
	3,279	2087,48	
	3,3121	2108,55	
3	2,923	1860,84	1876,97
	2,981	1897,76	
	2,941	1872,30	
4	2,966	1888,21	1763,01
	2,772	1764,71	
	2,57	1636,11	

Pada **Tabel 5** menunjukkan peningkatan kadar batu apung dapat menurunkan berat jenis beton secara konsisten. Hal ini menyatakan penggunaan batu apung mulai dengan kadar 40% (variasi 3) sudah masuk dalam kategori beton ringan.

Berikut berdasarkan grafik, dilampirkan pada **Gambar 4**



Gambar 4 Grafik hasil uji berat jenis beton

5. KESIMPULAN

Substitusi batu apung pada agregat kasar memberikan pengaruh negatif yang signifikan terhadap kuat tekan beton pada kondisi substitusi diatomit tertinggi (20%). Sedangkan terhadap berat jenis, substitusi batu apung terhadap agregat kasar memberikan pengaruh positif yang signifikan. Semakin tinggi kadar batu apung, semakin rendah kuat tekan beton serta semakin rendah berat jenisnya, yang disebabkan oleh rendahnya kekuatan butir dan tingginya porositas agregat batu apung. Diatomit berperan sebagai material pozzolan yang memperbaiki zona transisi antar muka (ITZ) dan *filler* halus yang dapat memperbaiki struktur mikro pasta semen, namun karena kadarnya yang terlalu tinggi (20%) mengakibatkan efek positif diatomit tidak mampu menahan penurunan kuat tekan yang ditimbulkan oleh peningkatan kadar batu apung. pada kadar batu apung yang tertinggi (50%) mengakibatkan penurunan kuat tekan beton yang kumulatif akibat dari batu apung dan diatomit.

DAFTAR RUJUKAN

- Akhmad. (2024). *Pengaruh SiO₂ dalam diatomaceous earth sebagai substitusi parsial semen pada beton mutu tinggi terhadap pengujian kuat lentur beton*.
- Karthika, R. B., Vidyapriya, V., Sri, K. V. N., Beaula, K. M. G., Harini, R., & Sriram, M. (2021). *Experimental study on lightweight concrete using pumice aggregate*. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1606–1613
- Pirmohammadi Alishah, F. (2021). *Investigation of the properties of self-compacting lightweight concrete and the pumice used in it*. *INTERNATIONAL PUMICE AND PERLITE SYMPOSIUM (PuPeS'21)*, Bitlis-TURKEY.
- Okamura M., H. A.-O. (2003). *Self-Compacting Concrete*. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(1), 5–15.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.