

KARAKTERISASI SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP SIFAT FISIS-MEKANIS CAMPURAN BETON

J Andilolo¹, Dian Pranata Putra Ambali², M.L Paembonan³

¹Pogram Studi Pendidikan Fisika Universitas Kristen Indonesia Toraja

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja

ABSTRAK

Sejalan dengan pesatnya pembangunan, kebutuhan masyarakat untuk bahan bangunan juga semakin meningkat, salah satunya adalah semen sebagai bahan utama konstruksi. Dengan meningkatnya kebutuhan akan semen, maka harga semen pun akan semakin tinggi. Hal ini memicu para ahli untuk mengembangkan bahan alternatif pengganti semen yang relatif murah tanpa mengurangi kualitas hasil. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai substitusi parsial semen adalah dengan memanfaatkan limbah serbuk kaca karena memiliki potensi material pozzoland dengan kandungan silika yang cukup besar sekitar 70%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sifat serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton dengan variasi komposisi serbuk kaca 0%, 10%, 15% dan 20%. Limbah kaca dari berbagai jenis botol minuman bekas dihancurkan untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus. Benda uji dibuat berbentuk kubus. Pengujian sifat fisis-mekanis benda uji dilakukan setelah masa perawatan 7 hari, 14 hari dan 28 hari, dengan benda uji harus dalam keadaan kering. Dari masing-masing campuran beton tersebut dibuat tiga benda uji. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah pengujian kuat tekan menggunakan alat uji tekan beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tekan pada umur 28 hari dengan penambahan serbuk kaca 0% sebesar 175.2 kg/cm², 10 % sebesar 147.2 kg/cm², 15% sebesar 116.3 kg/cm², dan 20% sebesar 108.7 kg/cm². Nilai slump terendah terdapat pada campuran beton normal, sehingga penambahan serbuk kaca dalam campuran beton dapat mempermudah pengerjaan beton.

Kata Kunci: Beton, Semen, Serbuk Kaca, Kuat Tekan.

3. PENDAHULUAN

Dewasa ini rekayasa material semakin berkembang pesat. Hal ini di dorong oleh kebutuhan bahan yang dapat memenuhi karakteristik tertentu yang di kehendaki. Sejalan dengan pesatnya pembangunan, kebutuhan masyarakat untuk bahan bangunan juga semakin meningkat, salah satunya adalah semen sebagai bahan utama konstruksi. Dengan meningkatnya kebutuhan akan semen, maka harga semen pun akan semakin tinggi. Hal ini memicu para ahli untuk mengembangkan bahan alternatif pengganti semen yang relatif lebih murah tanpa mengurangi kualitas hasil. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai substitusi parsial semen adalah dengan memanfaatkan limbah serbuk kaca:

Kaca merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dan rumah tangga yang tidak bisa terurai, apabila jumlahnya terlalu banyak maka akan merusak lingkungan. Namun limbah kaca dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan pengisi pada beton karena kaca memiliki ketahanan terhadap cuaca dan serangan zat kimia yang baik. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai pengganti semen karena memiliki potensi sebagai material pozzoland dengan kandungan silika (SiO₂), Na₂O dan CaO pada kaca cukup besar yaitu lebih dari 70% sehingga menghasilkan kekuatan yang melebihi rencana dan dapat mengurangi biaya pembuatan beton [1],[3]. Dari hasil peneltian yang dilakukan Yohanes [2]

tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai bahan pengganti semen didapatkan bahwa semakin banyak substitusi serbuk kaca pada semen akan membuat berat volume beton berkurang. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari mengalami peningkatan terhadap kaca 0%. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Herbudiman dan Januar [6] yang memanfaatkan serbuk kaca sebagai powder pada self-compacting concrete didapatkan kadar optimum substitusi parsial serbuk kaca adalah 10%. Komposisi tersebut menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik rata-rata 49,08 MPa dan 4,08 MPa yang menunjukkan peningkatan kekuatan. Kosim dan Hazan [4] meneliti tentang beton yang dicampur dengan serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus, dimana pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada tambahan 25% serbuk kaca kuat tekan meningkat dibandingkan dengan variasi yang lain. Namun hal ini terjadi pada beton yang berumur 14 hari dan 28 hari, sedangkan beton yang berumur 3 hari dan 7 hari kuat tekan tertinggi terdapat pada 100% dan 75% serbuk kaca. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan kajian terhadap sifat fisis-mekanis campuran beton dengan melihat pengaruh dan kadar optimum penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Campuran beton yang dihasilkan diharapkan memiliki sifat yang lebih unggul dan dapat dijadikan sebagai alternatif dalam memenuhi kebutuhan masyarakat pada umumnya.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air bor, semen Portland TIPE 1, agregat kasar, agregat halus dan serbuk kaca. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan 100 mesh dan 200 mesh, Neraca, Oven, Gelas ukur, Cetakan beton berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm, Mesin Uji Kuat Tekan Beton (*compression machine*).

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yang diawali dengan studi pustaka, persiapan dan pengujian bahan, pembuatan dan perawatan benda uji yang dilanjutkan dengan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja dan analisa hasil pengujian benda uji. Kaca yang digunakan merupakan limbah dari berbagai jenis botol minuman bekas, kemudian dihancurkan. Pembuatan campuran beton menggunakan variasi komposisi yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi bahan campuran beton

Persentase		0%	10%	15%	20%
Semen	kg	326	293,4	277,1	260,8
Air	kg	215	215	215	215
Agregat Halus	kg	760	760	760	760
Agregat Kasar	kg	129	129	129	129
Serbuk Kaca	kg	0	32,6	48,9	65,2

Tahap pertama adalah pemeriksaan material dengan menguji karakteristik dari agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan. Selanjutnya membuat serbuk kaca yang diperoleh dari pecahan kaca dan dihancurkan, kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Tahap

berikutnya adalah perawatan (curing) dan pengujian benda uji. Pengujian kuat tekan benda uji dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Masing-masing variasi sampel benda uji dibuat sebanyak 3 sampel untuk masing- masing umur pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus adalah sebagai berikut dapat dilihat pada tabel 2. :

Tabel 2 . Karakteristik Agregat Halus

Jenis	:	Pasir	
Asal	:	Lokal	
Modulus Kehalusan	:	2,72	
Kadar Lumpur	:	3,31	%
Kadar Organik	:	No.1	
Kadar Air	:	2,07	%
Berat Volume	:		
a. Kondisi Padat	:	1,6	kg/ltr
b. Kondisi Lepas	:	1,46	kg/ltr
Penyerapan Air	:	3,09	%
Berat Jenis:	:		
a. BJ Kering Oven	:	2,28	gr/cm ³
b. BJ Kering Permukaan	:	2,35	gr/cm ³

Hasil Pemeriksaan karakteristik agregat kasar adalah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 . Karakteristik Agregat Kasar

Jenis	:	Batu Pecah	
Asal	:	Lokal	
Modulus Kehalusan	:	6,76	
Kadar Lumpur	:	0,91	%
Keausan	:	22,2	%
Kadar Air	:	1	%
Berat Volume	:		
a. Kondisi Padat	:	1,67	kg/ltr
b. Kondisi Lepas	:	1,53	kg/ltr
Penyerapan Air	:	2,33	%
Berat Jenis:	:		

a. BJ Kering Oven	:	2,45	gr/cm ³
b. BJ Kering Permukaan	:	2,51	gr/cm ³

3.2 Hasil Pengujian Nilai Slump dan Nilai fas

Pengujian nilai *slump* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat *workabilitas* campuran beton. Nilai *slump* diukur dengan menggunakan kerucut Abram. Hasil pemeriksaan slump untuk masing-masing campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 . Nilai slump tiap campuran beton

Kode Campuran	Nilai <i>Slump</i> rata-rata (cm)
Beton Normal	9
Serbuk Kaca 10%	9,5
Serbuk Kaca 15%	10
Serbuk Kaca 20%	9,8

Faktor air semen (fas) dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran. Faktor air semen merupakan salah satu faktor paling penting dalam menentukan mutu beton. Semakin rendah nilai fas maka kekuatan beton semakin tinggi, dan sebaliknya, namun semakin rendah fas semakin sulit pengerjaannya. Pada penelitian ini dengan mempertahankan nilai slump antara 9-10 cm didapatkan perubahan fas pada tiap-tiap persentase campuran beton.

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Perhitungan nilai kuat tekan beton dihitung menggunakan persamaan :

$$F = \frac{P}{A}$$

Dimana :

F = kuat tekan beton (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

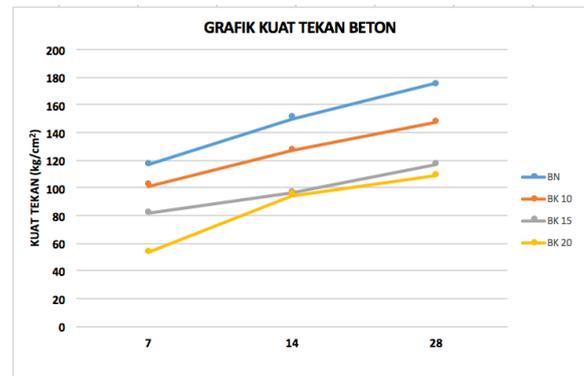
A = luas penampang benda uji (cm²)

Hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 . Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No.	Kode	Umur	Berat (gr)	Beban (kN)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Rata-Rata (kg/cm ²)
1	BN 1	7 Hari	7873	250	113,3	116,3
2	BN 2	7 Hari	7761	260	117,8	
3	BN 3	7 Hari	7760	260	117,8	
4	BN 4	14 Hari	7750	315	142,7	150,2
5	BN 5	14 Hari	7815	330	149,5	
6	BN 6	14 Hari	7877	350	158,6	
7	BN 7	28 Hari	7827	360	163,1	175,2
8	BN 8	28 Hari	7900	385	174,4	
9	BN 9	28 Hari	7813	415	188,0	
10	BK 10-1	7 Hari	7647	215	97,4	101,2
11	BK 10-2	7 Hari	7607	230	104,2	
12	BK 10-3	7 Hari	7745	225	101,9	
13	BK 10-4	14 Hari	7876	300	135,9	126,8
14	BK 10-5	14 Hari	7890	280	126,8	
15	BK 10-6	14 Hari	7800	260	117,8	
16	BK 10-7	28 Hari	7729	345	156,3	147,2
17	BK 10-8	28 Hari	7819	325	147,2	
18	BK 10-9	28 Hari	7765	305	138,2	
19	BK 15-1	7 Hari	7636	180	81,5	81,5
20	BK 15-2	7 Hari	7811	200	90,6	
21	BK 15-3	7 Hari	7654	160	72,5	
22	BK 15-4	14 Hari	7710	230	104,2	96,6
23	BK 15-5	14 Hari	7690	210	95,1	
24	BK 15-6	14 Hari	7650	200	90,6	
25	BK 15-7	28 Hari	7458	270	122,3	116,3
26	BK 15-8	28 Hari	7637	265	120,0	
27	BK 15-9	28 Hari	7676	235	106,5	
28	BK 20-1	7 Hari	7270	115	52,1	52,9
29	BK 20-2	7 Hari	7185	120	54,4	
30	BK 20-3	7 Hari	7333	115	52,1	
31	BK 20-4	14 Hari	7230	200	90,6	94,4
32	BK 20-5	14 Hari	7360	210	95,1	
33	BK 20-6	14 Hari	7300	215	97,4	
34	BK 20-7	28 Hari	7468	235	106,5	108,7
35	BK 20-8	28 Hari	7594	240	108,7	
36	BK 20-9	28 Hari	7475	245	111,0	

Hubungan antara penambahan serbuk kaca dengan kuat tekan beton yang dapat dicapai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton dengan Persentase

Pada Gambar 1. dapat dilihat perkembangan kuat tekan dari setiap umur pengujian dimana dengan penambahan serbuk kaca pada beton nilai kuat tekan pada masing-masing variasi meningkat sesuai dengan masa perawatan beton tersebut. Nilai kuat tekan maksimum terdapat pada beton normal. Hal ini didukung oleh nilai slump yang diperoleh, dimana nilai slump semakin besar dengan penambahan serbuk kaca pada campuran beton. Dengan meningkatnya nilai slump maka campuran beton juga semakin encer sehingga menurunkan nilai kuat tekan beton tersebut.

Selain pengaruh dari nilai slump, hal ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu menggumpalnya agregat pada saat pengadukan, pemadatan pada saat pembuatan benda uji dan permukaan atas yang tidak rata. Menggumpalnya agregat pada adukan beton dapat mengurangi kuat tekan beton, karena kemungkinan lebih banyak mengandung agregat halus atau agregat kasar.

Proses pemadatan yang benar serta rata pada setiap lapisan sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton. Selain memperhatikan pemadatan, hal yang perlu diperhatikan juga adalah permukaan

atas benda uji. Jika permukaan atas tidak rata maka nilai kuat tekan akan rendah atau tidak sesuai dengan hipotesis awal. Hal ini dikarenakan beban yang diberikan terlebih dahulu menyentuh bagian yang lebih tinggi lalu menyentuh bagian yang lebih rendah sehingga beban yang diberikan tidak merata dengan seluruhnya.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan nilai slump terendah terdapat pada campuran beton normal, sehingga penambahan serbuk kaca dalam campuran beton dapat mempermudah pengerjaan beton. Dari hasil pengujian kuat tekan campuran beton pada umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan beton normal sebesar 175.2 kg/cm^2 , penambahan serbuk kaca sebesar 10 % adalah 147.2 kg/cm^2 , penambahan serbuk sebesar 15% adalah 116.3 kg/cm^2 , dan penambahan serbuk sebesar 20% adalah 108.7 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan maksimum terdapat pada beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Karwur, Handy Yohanes, dkk. 2013. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 1, 276-281.
2. Yohanes H., K. Tenda, W. 2013. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
3. Setiawan, Budi. 2006. Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
4. Kosim dan Hasan A. 2014. Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai bahan tambah Agregat Halus untuk meningkatkan kuat tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*. 10(2).pp. 170-178.
5. Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi : Yogyakarta
6. Herbudiman B dan Januar C. 2011. Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder pada self-compacting Concrete. ISEMS.
7. Wibowo, Levin. 2013. Pengaruh penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada beton. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
8. Nursyamsi, Indrawan I, Hastuty IP. 2016. Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako, *Media Teknik Sipil*. ISSN 1633095
9. Dipohusodo, I., 1993, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNIT-15-1991- 03*, Departemen Pekerjaan Umum RJ, PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
10. Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.