

Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Beton

Sahrul Ramadan¹, Muh Zul Arfandi Rama², Hanafi Ashad³, Arsyad Fadhil⁴,
Anwar Mappiasse⁵

^{1, 1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹ramadan.sahrul@yahoo.com; ²Fandyranaa@gmail.com; ³hanafi.ashad@umi.ac.id;
⁴arsyad.fadhil@umi.ac.id; ⁵anwar.mappiasse@umi.ac.id

ABSTRAK

Beberapa unsur kimia yang ada dalam kandungan serbuk kaca memiliki kemiripan dengan unsur kimia pada semen seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ dan CaO. Pemanfaatan serbuk kaca dalam penelitian ini digunakan sebagai substitusi parsial semen dimana akan dianalisis pengaruh keberadaan serbuk kaca tersebut terhadap sifat fisik dan mekanik beton sehingga dapat diperoleh kadar serbuk kaca optimum. Serbuk kaca dicoba untuk menggantikan peran semen dalam pencampuran beton normal. Pengujian eksperimental dilakukan di laboratorium dengan sampel berbentuk silinder ukuran 15 dan 30 cm. Beberapa pengujian karakteristik beton dilakukan seperti pengujian kuat tekan, permeabilitas, dan porositas beton yaitu pada beton berumur 28 hari. Presentase penggunaan serbuk kaca antara lain 0 hingga 20% dengan gap tiap 5%. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kuat tekan terbesar terjadi untuk variasi serbuk kaca 0% sebesar 20,57 Mpa dan kuat tekan terkecil ada pada variasi 20% sebesar 12,83 Mpa. Sedangkan nilai porositas terkecil ada pada variasi serbuk kaca 0% yaitu 2,31% dan nilai porositas terbesar ada pada variasi serbuk kaca 20% yaitu 2,90%. Nilai permeabilitas terkecil ada pada variasi serbuk kaca 0% yaitu 0,0002 cm/s dan nilai permeabilitas terbesar ada pada variasi 20% yaitu 0,0004 cm/s.

Kata Kunci: Beton, serbuk kaca, substitusi/pengganti, variasi.

ABSTRACT

Some of the chemical elements present in the glass powder have similarities to the chemical elements in cement such as SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and CaO. The use of glass powder in this study is used as a partial substitution of cement where the effect of the presence of glass powder on the physical and mechanical properties of concrete will be analyzed so that the optimum glass powder content can be obtained. Glass powder was tried to replace the role of cement in normal concrete mixing. Experimental testing was carried out in the laboratory with cylindrical samples measuring 15 and 30 cm. Several tests of concrete characteristics were carried out such as testing the compressive strength, permeability, and porosity of concrete, namely on 28 days old concrete. The percentage of use of glass powder, among others, 0 to 20% with a gap of every 5%. From the results of the study, it is known that the greatest compressive strength occurs for variations of 0% glass powder at 20.57 Mpa and the smallest compressive strength occurs at 20% variation of 12.83 Mpa. While the smallest porosity value is in the variation of 0% glass powder, which is 2.31% and the largest porosity value is in the 20% glass powder variation, which is 2.90%. The smallest permeability value is in the variation of 0% glass powder, which is 0.0002 cm/s and the largest permeability value is in the 20% variation, which is 0.0004 cm/s.

Keywords: Concrete, glass powder, substitution, variation.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Beton adalah material konstruksi bangunan yang terbuat dari campuran agregat, semen (umumnya semen Portland), air, maupun bahan aditif tertentu (Hartono, 2015). Beton yang baik adalah beton dengan kekedapan yang tinggi. Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan eksperimen yang menggantikan bahan penyusun beton dengan material substitusi tertentu yang terbukti mampu memperbaiki kinerja beton (Karwur et al., 2013). Salah satu material substitusi yang telah banyak dicobakan dalam pembuatan beton sebagai solusi pemanfaatan limbah dengan penggunaan kembali (*re-use*) yaitu serbuk kaca (Herbudiman & Januar, 2011).

Limbah serbuk kaca dapat membahayakan lingkungan karena biasanya dibuang ke tanah ataupun sungai dalam kuantitas yang besar (Baktiar & Lubis, 2021). Fenomena ini menjadi urgensi dalam mencari alternatif solusi pemanfaatan limbah ini agar tidak mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah serbuk kaca sebagai material pembuatan beton dapat menjadi solusi yang tepat mengingat serbuk kaca mengandung unsur kimia yang juga ditemukan pada semen yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO (Hanafiah, 2011). Karakteristik butiran serbuk kaca yang sangat kecil menjadi potensi untuk serbuk kaca dalam mengisi lubang pori pada beton yang diharapkan mampu meningkatkan kuat tekan pada beton.

Melalui penelitian ini diharapkan bahwa dengan menambah serbuk kaca pada

campuran adukan beton dapat meningkatkan sifat kekedapan beton serta nilai kuat tekan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu:

- 1) Bagaimanakah pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap sifat fisik dan sifat mekanik beton?
- 2) Berapakah persentase substitusi serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial semen yang menghasilkan sifat fisik dan sifat mekanik beton terbaik?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Menganalisis pengaruh penambahan serbuk kaca pada campuran beton terhadap sifat fisik dan sifat mekanik beton.
- 2) Mendapatkan presentase serbuk kaca optimal sebagai substitusi parsial semen dalam pembuatan beton yang menghasilkan sifat fisik dan sifat mekanik beton terbaik.

2. Metode Penelitian

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian berbasis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia Kota Makassar. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah dilakukan pada sampel yang dibuat pada acuan berbentuk silinder dengan mutu beton yaitu ($f'_c=25$ Mpa). Komposisi penggunaan limbah.

Tabel 1 Jumlah dan kode benda uji kuat tekan

No.	Variasi Serbuk Kaca	Kode Benda Uji	Umur Beton (Hari)	
			28	Jumlah
1	0 %	UP – 0	3	15
2	5 %	UP – 5	3	
3	10%	UP – 10	3	
4	15%	UP – 15	3	
5	20%	UP – 20	3	

Tabel 2 Jumlah dan kode benda uji porositas

No	Variasi Serbuk Kaca	Kode Benda Uji	Umur Beton (Hari)	
			28	Jumlah
1	0 %	UT – 0	3	15
2	5 %	UT – 5	3	
3	10%	UT – 10	3	
4	15%	UT – 15	3	
5	20%	UT – 20	3	

Tabel 3 Jumlah dan kode benda uji Permeabilitas

No	Variasi Serbuk Kaca	Kode Benda Uji	Umur Beton (Hari)	
			28	Jumlah
1	0 %	UC – 0	3	15
2	5 %	UC – 5	3	
3	10%	UC – 10	3	
4	15%	UC – 15	3	
5	20%	UC – 20	3	

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Tahap I

Meliputi persiapan dan pengujian dasar benda uji untuk mengetahui karakteristik setiap bahan yaitu agregat baik kasar maupun halus, dan limbah serbuk kaca meliputi pengujian analisa saringan, berat volume, kadar air, penyerapan, berat jenis, dan kadar lumpur dan keausan.

b. Tahap II

Yaitu tahapan perancangan pembuatan sampel benda uji dengan perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI dan pengadukan beton ke acuan berbentuk silinder

c. Tahap III

Tahapan ini meliputi:

a) *Mix Design* dan pembuatan campuran beton metode ACI Lightweight

Concrete (211.2-98) untuk pencampuran beton normal dan beton yang memanfaatkan serbuk kaca dengan varian 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

b) Pengecoran campuran pada acuan silinder yang sudah disiapkan

d. Tahap IV

Tahapan analisis data untuk menganalisis pengaruh kadar serbuk kaca terhadap sifat fisik dan mekanik beton sehingga bisa ditentukan kadar serbuk kaca yang optimal.

2.3 Mix Design Metode ACI (American Concrete Institute)

Penambahan serbuk kaca sebagai pengganti parsial semen pada beton dilaksanakan saat seluruh data dari hasil pengujian dasar pada seluruh bahan telah diperoleh.

Tabel 4 Komposisi campuran beton untuk setiap 1 m³ beton berdasarkan variasi serbuk kaca.

Presentase Kaca %	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus(kg)	Semen (kg)	Air (litr)
0 %	1157,3	808,415	281,30	173
5 %	1157,3	808,415	281,30	173
10 %	1157,3	808,415	281,30	173
15 %	1157,3	808,415	281,30	173
20 %	1157,3	808,415	281,30	173

Tabel 5 Kebutuhan material beton untuk trial mix faktor kehilangan 20%

No	Jenis Pengujian	Bentuk	Presentase kaca (%)	Jumlah Benda Uji	Material Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Kaca (kg)
1			0 %	3	5,37	16,21	21,82	2,83	0
2			5%	3	5,10	16,21	21,82	2,83	0,314
3	Porositas	Silinder 15x30	10%	3	4,83	16,21	21,82	2,83	0,627
4			15%	3	4,56	16,21	21,82	2,83	0,941
5			20%	3	4,29	16,21	21,82	2,83	1,254

2.4 Pengujian Kuat tekan beton

Dilaksanakan saat umur beton 28 hari dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Afriandi, 2018). Tegangan hancur pada benda uji silinder diperoleh menggunakan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana:

$f'c$ = Kuat tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

2.5 Porositas

Porositas adalah merupakan rasio antara volume pori (volume yang diisi fluida) dan volume total benda uji beton (Sutapa, 2011). Berikut metode perhitungan porositas:

$$P = \{(Wb - Wk) / Vb\} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

P = Porositas (MPa)

Wb = Massa benda uji dalam keadaan basah setelah direndam (gr)

Wk = Massa benda uji dalam keadaan kering (gr)

Vb = Volume benda uji (cm).

2.6 Permeabilitas

Permeabilitas ukuran sebuah material batuan untuk meloloskan cairan melewati pori atau rongga yang saling berhubungan. Koefisien permeabilitas dihitung dengan rumus Darcy.

$$k = \frac{QL}{A h t} \quad (3)$$

Dimana:

k: koefisien permeabilitas (cm/det)

Q: debit aliran air (cm³/det)

L: panjang atau tinggi sampel (cm)

A: luas penampang sampel (cm²)

h : tinggi air (cm)

t : Waktu (s)

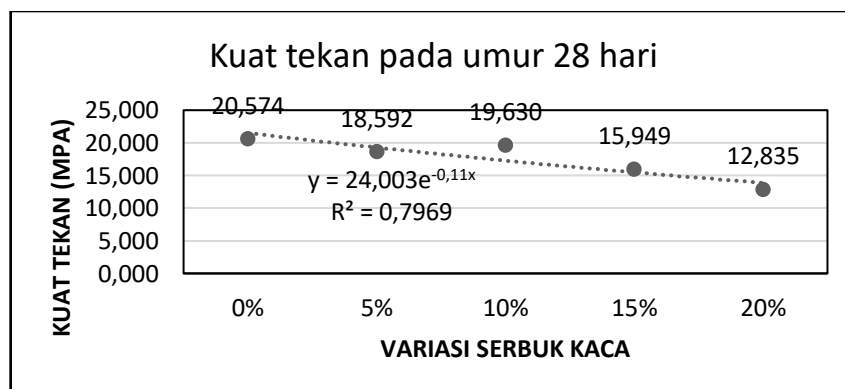
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Bahan Penyusun Beton

Pertama-tama dianalisis hasil pemeriksaan properti bahan penyusun beton dan dicek apakah telah memenuhi persyaratan selanjutnya dilakukan perbandingan campuran beton sesuai dengan mutu yang dikehendaki .

3.2 Kuat Tekan Beton

Berikut hasil dari pengujian kuat tekan beton sesuai acuan SNI 1974:2011



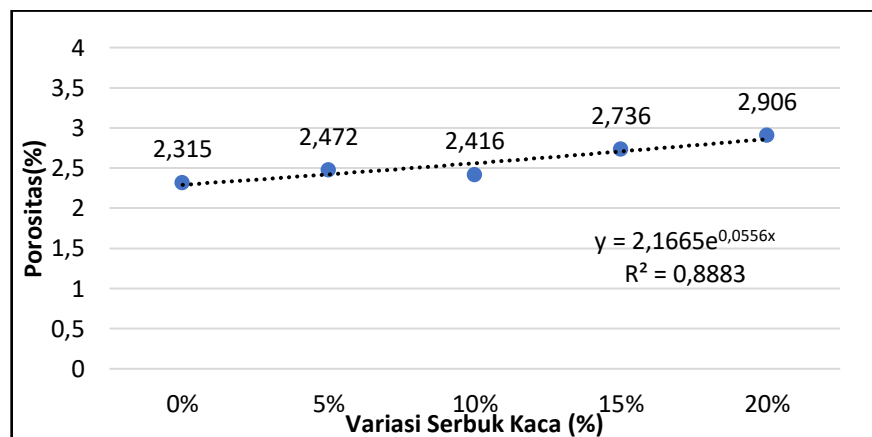
Gambar 1. Pengaruh serbuk kaca terhadap kuat tekan dengan pada umur 28 hari

Gambar 1. menunjukkan bahwa pengaruh variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan beton, pola hubungannya cenderung mengikuti persamaan yang bersifat eksponensial, dengan tingkat kepercayaan sebesar 81,92 %. Berdasarkan Tabel 4.8. dan pada gambar 1, menerangkan bahwa variasi serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen memberikan dampak negatif bagi kuat tekan beton. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh kandungan senyawa

kimia silika oksida (SiO_2) yang ada pada serbuk kaca relatif lebih rendah dibanding senyawa kimia silika oksida (SiO_2) yang ada pada semen.

3.3 Porositas

Sampel berbentuk silinder berukuran 150×300 mm dengan jumlah benda uji sebanyak 15 buah dengan hasil pengujian sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik pengaruh serbuk kaca terhadap porositas pada umur 28 hari

Gambar 2 menerangkan bahwa nilai porositas terbesar 2,906 % dengan variasi serbuk kaca 20 %. Dan nilai porositas terkecil ialah 2,315 % pada variasi serbuk kaca 0 %. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh variasi serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial semen memberikan dampak buruk bagi sifat porositas beton. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh kehalusan serbuk kaca yang digunakan sebagai substitusi parsial semen tidak dapat mengisi rongga pori yang ada pada beton dan semakin banyak presentase semen yang diganti dengan

serbuk kaca maka semakin menurun nilai dari porositas beton.

3.4 Hubungan Porositas dan Kuat Tekan Beton

$$P_{0\%} = x \cdot f'_{c0\%}$$

$$2,315 = x \cdot 20,574$$

$$x = 0,112$$

Jadi hubungan porositas dan kuat tekan beton untuk 0% serbuk kaca ialah

$$P_{0\%} = 0,112 f'_{c0\%}$$

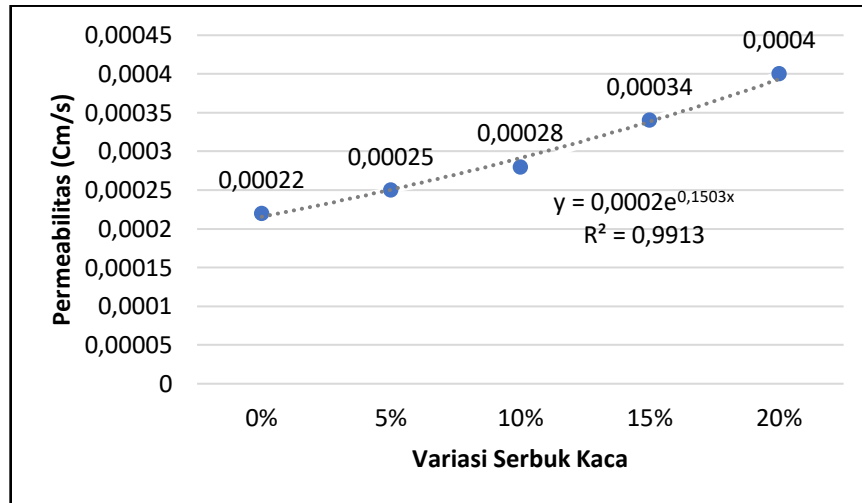
Dengan cara yang sama, maka untuk persentase serbuk kaca yang lain dapat dilihat di tabel berikut

Tabel 6 Hubungan porositas dan kuat tekan beton untuk setiap variasi kadar serbuk kaca

Variasi Serbuk Kaca	$x = P / f'c$
0%	0,112
5%	0,132
10%	0,123
15%	0,171
20%	0,226

3.5 Permeabilitas

Hasil pengujian permeabilitas dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3 pengaruh serbuk kaca pada permeabilitas beton.

Gambar 3. menunjukkan bahwa pengaruh variasi serbuk kaca terhadap permeabilitas, pola hubungannya cenderung mengikuti persamaan yang bersifat eksponensial, dengan tingkat kepercayaan sebesar 99,01 %.

Tabel 6 dan gambar 3 menerangkan bahwa nilai permeabilitas terbesar 0,0004 Cm/s % dengan variasi serbuk kaca 20 %. Dan nilai permeabilitas terkecil ialah 0,00022 Cm/s pada variasi serbuk kaca 0 %. Dalam hal ini menjelaskan bahwa pengaruh serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial semen tidak memberikan kontribusi yang baik terhadap sifat permeabilitas beton.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berikut beberapa kesimpulan dalam penelitian ini:

- 1) Substitusi serbuk kaca terhadap parsial semen memberikan dampak buruk pada sifat fisik dan sifat mekanik beton seiring dengan bertambahnya variasi serbuk kaca pada parsial semen. Substitusi serbuk kaca terhadap parsial semen memberikan 1. Substitusi serbuk

kaca terhadap parsial semen memberikan dampak buruk pada sifat fisik dan sifat mekanik beton seiring dengan bertambahnya variasi serbuk kaca pada parsial semen.

- 2) Seperti pada kesimpulan No. 1 bahwa variasi serbuk kaca pada parsial semen memberikan dampak buruk dengan seiring bertambahnya substitusi serbuk kaca pada parsial semen maka tidak ada presentase yang optimal untuk serbuk kaca yang menghasilkan sifat fisik dan sifat mekanik beton terbaik.
- 3) Dalam penelitian ini nilai porositas yang terkecil 2,315% dengan variasi agregat halus 0 %. Dan nilai permeabilitas terkecil adalah 0.00022 (cm/s) dengan variasi agregat halus 0 %. Kemudian untuk nilai kuat tekan beton yang tertinggi ditentukan 3. Dalam penelitian ini nilai porositas terkecil 2,315% dengan variasi serbuk kaca 0% dan nilai permeabilitas terkecil adalah 0,00022(cm/s) dengan variasi serbuk kaca 0%. Kemudian untuk nilai kuat tekan beton yang tertinggi ditentukan pada variasi

serbuk kaca 0% dengan nilai sebesar 20,574 MPa.

4.2 Saran

Berikut saran yang dapat direkomendasikan peneliti:

- 1) Penelitian ini mengusulkan agar serbuk kaca yang digunakan mempunyai kehalusan yang lebih dari butiran semen
- 2) Ketelitian merupakan salah satu hal yang penting dalam penelitian ini.
- 3) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode yang sama dan parameter yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Afriandi, R. F. (2018). *Pengaruh Faktor Umur Terhadap Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal, Beton Mutu Tinggi Dan Beton Ringan* [Universitas Mataram]. http://eprints.unram.ac.id/10332/1/ARTIKEL_ILMIAH.pdf
- Baktiar, A. A., & Lubis, Z. (2021). Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Non-Struktural. *Jurnal Teknik*, 13(2), 73–76. <https://doi.org/10.30736/jt.v13i2.632>
- Hanafiah, N. (2011). *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap Kuat Tekan dan Nilai Slump*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Hartono, H. (2015). Studi Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Dari Batu Kapur. *Gema Teknologi*, 17(3), 139–143. <https://doi.org/10.14710/gt.v17i3.8931>
- Herbudiman, B., & Januar, C. (2011). Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder Pada Self-Compacting Concrete. *The 1st Indonesian Structural Engineering and Materials Symposium*, November, 17–18.
- Karwur, H. Y., Tenda, R., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 1(4), 276–281.
- Sutapa, G. A. A. (2011). Porositas, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Agregat Kasar Batu Pecah Pasca Dibakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 50–57.