

PENGARUH SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI BUBUK KACA SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR DENGAN *w/c* 0,60 DAN 0,65

Fanisa Eki G. P.^{1*}, Gunawan Tanzil²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: fun_nhisa@yahoo.co.id

Abstract

*In order to minimize the damage of concrete structures due to external influences, especially due to sulfate attack that occurred naturally in soil and groundwater where the structure is located, and to utilize glass wastes in big cities, a proportion of sand was replaced by glass powder. Two different mix design is calculated based on ACI method (*w/c* 0.60 and 0.65), with 0%, 5%, 10%, 15% and 20% passed a #8 sieve glass powder replacements investigated. Concrete soaked for 7, 21 and 28 days with 2 types of water were plain water and a 5% sulfate solution. The test results showed that compared to normal concrete for both mix designs, the slump of 20% glass sand replacement concrete was the smallest than the other. Compressive strength of concrete with glass powder substitution is higher than the design compressive strength, and continues to increase with the addition of glass powder content. At 28 days, the compressive strength of specimens with various amount of glass sand replacement were all higher than that of the design strength when soaked in sulfate solution.*

Keywords : Compressive strength, glass powder, sulfate

1. PENDAHULUAN

Beton seperti halnya struktur bangunan lainnya, tidak terlepas dari kerusakan-kerusakan yang dapat mengurangi durabilitasnya, salah satu sebabnya adalah karena pengaruh eksternal atau lingkungan dimana struktur beton itu berada, seperti pada lokasi-lokasi tertentu, misalnya di lingkungan yang berhubungan dengan bahan kimia, sulfat, klorida, garam atau yang berada di daerah laut. Kandungan sulfat yang hadir baik dalam tanah dan air tanah, membusuknya bahan organik, maupun limbah industri yang mengelilingi sebuah struktur beton dapat menimbulkan ancaman bagi daya tahan jangka panjang dari beton tersebut.

Selain bahan kimia seperti sulfat, bidang industri juga menghasilkan limbah-limbah lain, seperti limbah kaca. Karena kandungan silikanya yang cukup tinggi, kaca dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuatan beton.

Menurut Thresia Yudinar dalam laporan tugas akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat tekan Beton dengan Perawatan, mengatakan kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan persentase serbuk kaca pengganti agregat halus. Kuat tekan beton terbesar didapat pada beton dengan persentase serbuk kaca sebesar 20 %.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan substitusi bubuk kaca ketika terpapar sulfat. Pada penelitian ini bubuk kaca digunakan sebagai substitusi sebagian pasir dengan kadar 5%, 10%, 15%, dan 20%, dengan dua nilai faktor air semen yaitu 0,60 dan 0,65. Dan untuk mengetahui pengaruh kuat tekannya terhadap sulfat, beton direndam dengan larutan sulfat berkadar 5% dari berat air rendaman dan dibandingkan dengan beton yang direndam air biasa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

(1) Bubuk Kaca

Limbah kaca biasanya hanya didaur ulang sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan nilai guna limbah kaca. Karena kandungan silikanya yang cukup tinggi, kaca dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuatan beton. Kaca memiliki ketahanan terhadap abrasi serta ketahanan terhadap cuaca atau serangan kimia yang baik. Tabel 1 menunjukkan komposisi yang terdapat pada kaca berbagai warna.

Tabel 1. Komposisi kimia kaca berbagai warna

Komposisi	Kaca Bening	Kaca Coklat	Kaca Hijau
	Dalam Persen (%)		
SiO ₂	72,42	72,21	72,38
Al ₂ O ₃	1,44	1,37	1,49
TiO ₂	0,035	0,041	0,04
Cr ₂ O ₃	0,002	0,026	0,13
Fe ₂ O ₃	0,07	0,26	0,29
CaO	11,50	11,57	11,26
MgO	0,32	0,46	0,54
Na ₂ O	13,64	13,75	13,52
K ₂ O	0,35	0,20	0,27
SO ₃	0,21	0,10	0,07

(Sumber : Value-Added Utilisation of Waste Glass in Concrete Research Journal)

(2) Pengaruh Sulfat Terhadap Beton

Pada konstruksi beton bertulang, korosi sebenarnya tidak hanya terjadi pada baja tulangan, tapi juga terjadi pada bahan betonnya sendiri, terutama pada lingkungan agresif, yaitu lingkungan yang banyak mengandung unsur-unsur garam sulfat, klorida atau asam lainnya.

Sumber-Sumber Sulfat

Menurut Mishra (2010), sumber sulfat yang dapat mengakibatkan kerusakan pada beton adalah sebagai berikut:

1. Sumber Internal

Meskipun jarang ditemukan, namun sulfat dapat berasal dari dalam beton itu sendiri, yaitu berasal dari bahan-bahan beton seperti semen hidrolis, fly ash, agregat, dan bahan lainnya.

2. Sumber Eksternal

Sulfat memang umum terdapat pada tanah atau air tanah, atau juga berasal dari limbah industri yang ada di sekitar struktur beton tersebut.

Mekanisme Serangan Sulfat Pada Beton

Supartono (1996) mengatakan bahwa konstruksi beton yang dibangun dibawah tanah maupun di laut, lingkungannya dapat mengandung sodium, kalsium, magnesium klorida dan magnesium sulfat. Kalsium hidroksida atau kapur yang terdapat dalam semen akan bereaksi dengan sulfat dan air, kemudian menghasilkan kalsium sulfat atau gypsum. Terbentuknya kalsium sulfat ini bila kemudian keadaannya kering, gips akan membentuk kristalnya yang seperti jarum dan mengembang, mendesak sisi sekitarnya sehingga terjadi pengrusakan pada sisi sekitar itu dan dapat terlihat pasta atau adukan betonnya merapuh.

Bila setelah terbentuk gips keadaannya basah atau lembab maka gips akan bereaksi dengan C3A atau kalsium aluminat hidrat yang ada dalam beton membentuk garam kalsium sulfo aluminat atau sering disebut *ettringite*, yang mempunyai sifat mengembang. Karena pengembangan volume yang lebih besar yakni melampaui volume asalnya, maka proses kimiawi ini akan menimbulkan pengelembungan, retak-retak, dan terkelupasnya beton. Dengan keadaan beton yang demikian, maka kekuatan tekan hancurnya akan menurun. Selanjutnya kerusakan menjalar sampai ke dalam sehingga korosi menyerang tulangan.

Faktor Utama Yang Mempengaruhi Serangan Sulfat

Menurut Cement Concrete and Aggregates Australia (2002), dalam tingkat keparahan serangan sulfat pada beton tergantung pada beberapa faktor antara lain sebagai berikut.

1. Jenis sulfat, magnesium dan ammonium sulfat adalah yang paling merusak beton.
2. Konsentrasi sulfat, makin besar kadar sulfat maka akan lebih merusak beton.
3. Cara kontak antara sulfat dan beton. Pada kasus air yang mengalir, keparahan serangan sulfat makin meningkat. Serangan yang lebih intensif terjadi pada beton yang terkena siklus pembasahan dan pengeringan daripada beton yang terus menerus tenggelam dalam larutan sulfat.
4. Tekanan. Adanya tekanan dari luar beton cenderung memaksa larutan sulfat masuk ke beton

mengakibatkan meningkatnya keparahan serangan sulfat.

5. Suhu. Seperti kebanyakan reaksi kimia lainnya, laju reaksi meningkat dengan suhu.
6. Keberadaan ion lain. Ion lain yang hadir dalam larutan sulfat mempengaruhi keparahan serangan. Misalnya sodium hidroksida dapat mengurangi ekspansi sulfat, sodium klorida dapat memperlambat pembentukan *ettringite*, dan magnesium klorida dapat mencegah terbentuknya *ettringite* secara sempurna.

Faktor Yang Mempengaruhi Ketahanan Beton Terhadap Sulfat

Serangan sulfat pada beton akan terjadi ketika larutan sulfat menembus dan bereaksi dengan beton, terutama dengan semen. Dengan demikian, faktor yang mempengaruhi ketahanan beton terhadap sulfat tidak hanya pada apa yang mempengaruhi reaksi kimia dengan senyawa pada semen, tetapi juga pada apa yang mempengaruhi permeabilitas dan kualitas keseluruhan dari beton.

Menurut Cement Concrete and Aggregates Australia (2002), faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Jenis semen

Jenis semen yang digunakan pada suatu campuran beton merupakan faktor yang mempengaruhi ketahanan beton terhadap sulfat. Semen portland yang mengandung trikalsium aluminat kurang dari 5 % diklasifikasikan sebagai semen yang tahan terhadap sulfat.

2. Kadar semen

Tingkat kerusakan terhadap sulfat menurun seiring dengan bertambahnya kadar semen, bahkan pada beton yang terbuat dari semen Portland biasa. Dengan kata lain, untuk menghasilkan beton tahan sulfat, penggunaan semen tahan sulfat harus dikombinasikan dengan penggunaan kadar semen minimum.

3. Faktor Air Semen

Apabila semua faktor lainnya dalam beton sama, material yang berkualitas bagus, proporsi campuran yang tepat dan pengerjaan baik, ketahanan terhadap sulfat meningkat seiring dengan penurunan nilai faktor air semen.

4. Bahan Tambahan

Pemakaian bahan tambahan yang memiliki efek terhadap pengurangan faktor air semen atau meningkatkan kemampuan kerja beton dapat meningkatkan ketahanan beton pada sulfat, asalkan tidak digunakan untuk mengurangi kadar semen. Pemakaian bahan tambahan yang mengandung kalsium klorida juga mempengaruhi ketahanan beton terhadap sulfat.

5. Pelaksanaan Pembangunan

Pengecoran, pemadatan, dan perawatan beton merupakan faktor penting untuk memproduksi beton dengan permeabilitas yang rendah. Penambahan air selama pengecoran untuk mengurangi nilai slump atau untuk membantu selama proses finishing akhir akan mengganggu ketahanan beton terhadap sulfat.

Pemadatan yang memadai dan perawatan yang tepat diperlukan untuk memproduksi beton padat dengan permeabilitas rendah. Membuat permukaan beton yang halus padat, bebas dari lubang dan cacat dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap sulfat.

6. Desain dan Detail Beton

Suatu struktur yang dirancang dengan detail yang menyediakan untuk penguatan yang memadai untuk meminimalkan retak atau untuk meminimalkan genangan penting untuk mengurangi intensitas serangan sulfat, sehingga meningkatkan ketahanan beton terhadap sulfat.

Dari pembahasan di atas, dapat dikatakan bahwa ketahanan beton terhadap sulfat dapat ditingkatkan dengan membuat beton dengan permeabilitas rendah yang dibuat dari semen tahan sulfat, dengan nilai faktor air semen yang kecil, kadar semen yang cukup, dimana pengecoran, pemadatan dan perawatan yang dilakukan dengan baik pula.

3. METODOLOGI

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah antara lain sebagai berikut:

1. Semen Portland tipe I PT. Semen Baturaja.
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Talang Balai, Sumatera Selatan.
3. Agregat Kasar berupa batu pecah 1/2 yang berasal dari Lahat, Sumatera Selatan.
4. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium uji beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya yang memenuhi syarat-syarat PDAM Tirta Musi Palembang.
5. Bubuk kaca yang digunakan sebagai substitusi pasir dengan kadar 5%, 10%, 15%, 20% dari berat pasir yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm).
6. Sulfat yang digunakan adalah magnesium sulfat dengan kadar 5% dari berat air rendaman.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat yang terdapat di Laboratorium Bahan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Untuk menentukan proporsi campuran digunakan metode ACI Standard 211.1-91. Benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dibatasi pada benda uji berumur 7, 21, dan 28 hari dengan distribusi sampel dalam setiap variasi campuran bubuk kaca seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Benda uji yang telah dibuat sesuai dengan proporsi campuran, dilepas dari cetakannya, dilakukan perawatan dan direndam larutan sulfat untuk beton normal maupun beton dengan bubuk kaca sesuai dengan umur yang ditentukan. Setelah itu, berat benda uji ditimbang dan dilakukan uji kuat tekan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Material Beton

Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian material agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.

2. Perencanaan Campuran

Perhitungan komposisi campuran beton normal ditetapkan berdasarkan metode ACI. Komposisi campuran beton dapat dilihat pada tabel 4.

3. Pengujian Slump

Data hasil pengujian slump yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5 dan grafik 1.

Tabel 2. Variasi Campuran Bubuk Kaca dan Jumlah Benda Uji

Persentase		Jumlah Benda Uji per-Hari Uji (sampel)						Jumlah Benda Uji per-Persentase (sampel)
		Direndam air biasa			Direndam larutan Sulfat			
		7	21	28	7	21	28	
0%	kaca (w/c 0,6)	3	3	3	3	3	3	18
5%	kaca (w/c 0,6)	3	3	3	3	3	3	18
10%	kaca (w/c 0,6)	3	3	3	3	3	3	18
15%	kaca (w/c 0,6)	3	3	3	3	3	3	18
20%	kaca (w/c 0,6)	3	3	3	3	3	3	18
0%	kaca (w/c 0,65)	3	3	3	3	3	3	18
5%	kaca (w/c 0,65)	3	3	3	3	3	3	18
10%	kaca (w/c 0,65)	3	3	3	3	3	3	18
15%	kaca (w/c 0,65)	3	3	3	3	3	3	18
20%	kaca (w/c 0,65)	3	3	3	3	3	3	18
Total Benda Uji								180

Tabel 3. Hasil pengujian material

Jenis Tes	Agregat		
	Halus	Kasar	
Kadar Organik	No. 3	-	
Kadar Lumpur (%)	0.656	-	
Berat Volume (kg/lt)	Padat Gembur	1.73 1.450	1.525 1.384
Modulus Kehalusan		2.77	2.586
% Kadar Air		4.734	0.627
% Kadar Air (SSD)		3.015	1.996
Apparent Specific Gravity		2.507	2.680
Bulk Specific Gravity (Kering)		2.331	2.550
Bulk Specific Gravity (SSD)		2.401	2.600
Persentase Absorpsi Air (%)		3.015	1.990

(Sumber : hasil pengujian laboratorium)

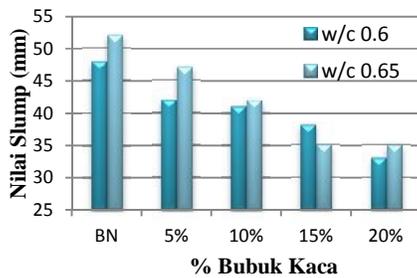
Tabel 4. Komposisi campuran beton

w/c	Kadar Kaca	Komposisi Campuran (kg/m ³)				
		Semen	Air	Agg. Halus	Agg. Kasar	Bubuk Kaca
0.6	0%	308.33	182.34	954.75	956.03	0.00
	5%	308.33	182.34	907.01	956.03	47.74
	10%	308.33	182.34	859.28	956.03	95.48
	15%	308.33	182.34	811.54	956.03	143.21
	20%	308.33	182.34	763.80	956.03	190.95

0.65	0%	284.62	181.92	979.58	956.03	0.00
	5%	284.62	181.92	930.60	956.03	48.98
	10%	284.62	181.92	881.62	956.03	97.96
	15%	284.62	181.92	832.64	956.03	146.94
	20%	284.62	181.92	783.66	956.03	195.92

Tabel 5. Nilai slump

w/c	Kadar Kaca	Slump (mm)	w/c	Kadar Kaca	Slump (mm)
0.6	Beton Normal	48	0.65	Beton Normal	52
	5%	42		5%	47
	10%	41		10%	42
	15%	38		15%	35
	20%	33		20%	35



Gambar 1. Grafik nilai Slump

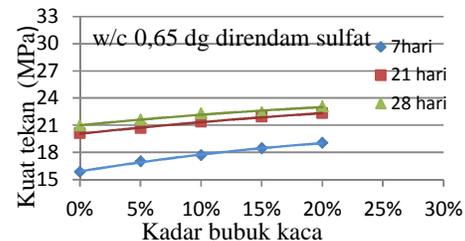
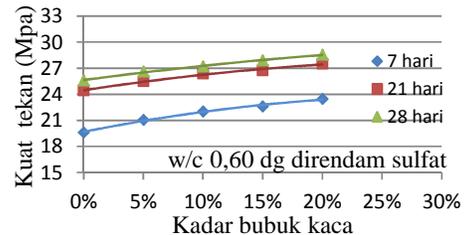
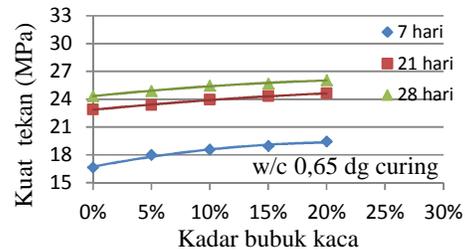
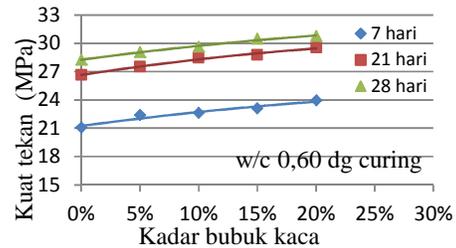
Dari gambar 1, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar penambahan persentase bubuk kaca maka nilai slump akan semakin menurun. Nilai slump terbesar terdapat pada beton normal yaitu sebesar 48 mm dan 52 mm untuk beton dengan nilai faktor air semen 0,6 dan 0,65. Sedangkan nilai slump terkecil terdapat pada beton dengan penambahan bubuk kaca sebesar 20% yaitu 33 mm untuk beton dengan nilai faktor air semen 0,6 dan terdapat pada beton dengan substitusi bubuk kaca sebesar 15% dan 20% yaitu 35 mm untuk beton dengan nilai faktor air semen 0,65.

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada gambar 2 terlihat bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kaca pengganti pasir untuk 2 desain yang berbeda, baik untuk beton dengan curing air biasa maupun beton dengan perendaman larutan sulfat. Kuat tekan beton dengan bubuk kaca, baik pada beton yang berumur 7, 21 dan 28 hari mencapai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal. Beton dengan 20% kaca memberikan kuat tekan terbesar.

Pada desain campuran 0,60 dengan f_c' sebesar 26,4 MPa, kuat tekan maksimum terdapat pada beton dengan 20% substitusi bubuk kaca yaitu sebesar 30,78 MPa untuk beton yang direndam air biasa berumur 28 hari. Begitu juga halnya dengan beton yang direndam larutan sulfat, mencapai kuat tekan maksimum pada 28 hari dengan 20% substitusi bubuk kaca yaitu sebesar 28,56 MPa.

Pada desain campuran 0,65 dengan nilai f_c' sebesar, kuat tekan maksimum pada umur 28 hari juga terdapat pada beton dengan 20% substitusi bubuk kaca yaitu sebesar 26,35 MPa untuk beton yang direndam air biasa. Begitu juga halnya dengan beton yang direndam larutan sulfat, mencapai kuat tekan maksimum pada 28 hari dengan 20% substitusi bubuk kaca yaitu sebesar 23,08 MPa.



Gambar 2. Kuat tekan beton

Beton dengan substitusi kaca maupun tidak, mengalami penurunan kuat tekan saat dilakukan perendaman dalam larutan sulfat. Semakin lama umur beton, semakin meningkat juga persentase penurunan kuat tekan beton. Ini berarti bahwa semakin lama beton melakukan kontak dengan sulfat, kuat tekannya akan semakin berkurang. Persentase penurunan kuat tekan beton akibat pengaruh sulfat dapat dilihat pada tabel 6 untuk w/c 0,60 dan tabel 7 untuk w/c 0,65.

Dari tabel 6 dapat dilihat bahwa penurunan kuat tekan beton w/c 0,60 terbesar akibat sulfat berada pada beton yang berumur 28 hari yaitu sebesar 8,325%. Begitu juga halnya pada beton dengan w/c 0,65,

penurunan kuat tekan terbesar terjadi pada beton umur 28 hari yaitu sebesar 12,72%.

Beton dengan w/c 0,65 mengalami penurunan kuat tekan beton akibat sulfat yang lebih besar dibandingkan dengan beton dengan w/c 0,60. Hal ini dikarenakan beton dengan w/c 0,65 memiliki permeabilitas yang lebih tinggi daripada beton dengan w/c 0,60. Larutan sulfat lebih mudah masuk ke dalam beton yang memiliki permeabilitas tinggi, yang kemudian bereaksi dengan kapur yang terdapat dalam semen, dan akhirnya menyebabkan penggelembungan, retak-retak dan ter-kelupasnya beton. Dengan keadaan beton yang demikian, maka kekuatan tekannya menurun.

Beton dengan substitusi bubuk kaca mengalami penurunan kuat tekan akibat pengaruh sulfat lebih kecil dibandingkan beton tanpa substitusi bubuk kaca. Sebagian besar penurunan kuat tekan beton dengan substitusi bubuk kaca menurun dengan semakin banyaknya jumlah kaca yang terkandung. Hal ini

dikarenakan kaca memiliki permeabilitas yang rendah sehingga larutan sulfat lebih sukar menembus masuk beton dengan substitusi bubuk kaca.

5. Berat Beton

Berat beton dengan *curing* air biasa mengalami kenaikan seiring dengan penambahan umur beton, tetapi semakin menurun dengan pertambahan jumlah bubuk kaca. Hal ini disebabkan karena bubuk kaca lebih ringan dibandingkan dengan pasir dalam beton.

Sama halnya dengan beton dengan *curing*, beton dengan direndam sulfat juga mengalami kenaikan berat seiring dengan penambahan umur beton dan mengalami penurunan berat seiring dengan penambahan jumlah bubuk kaca.

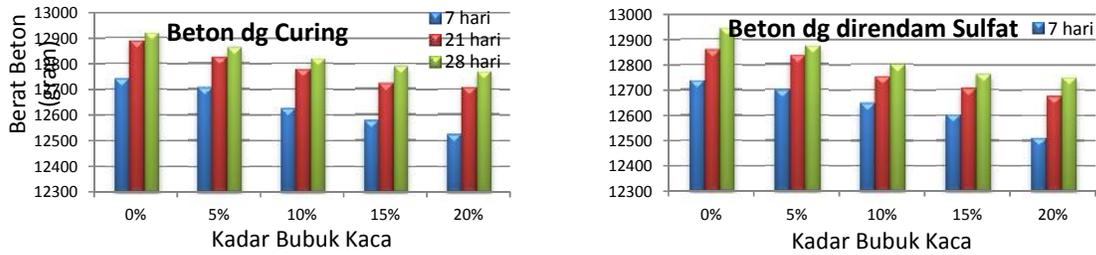
Berat beton dengan w/c 0,60 dapat dilihat ada gambar 5. Sedangkan untuk berat ton dengan w/c 0,65 dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel 6. Persentase penurunan kuat tekan beton akibat pengaruh sulfat untuk w/c 0,60

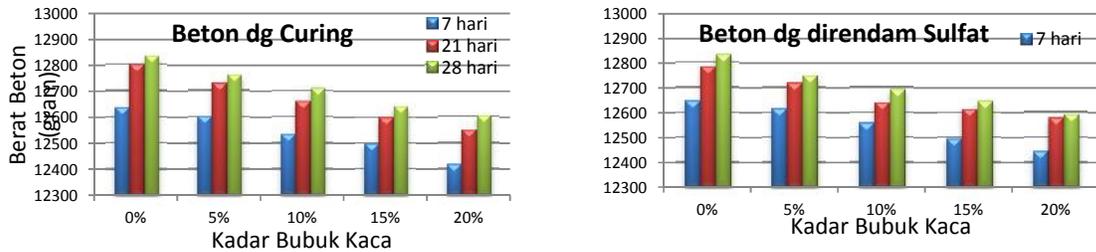
% Bubuk Kaca	fc' rata-rata (MPa) umur 7 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 21 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 28 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat
	Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat	
0%	21.06	19.62	6.85	26.64	24.43	8.30	28.28	25.58	9.52
5%	22.41	21.06	6.01	27.51	25.49	7.34	29.04	26.64	8.28
10%	22.60	22.02	2.55	28.47	26.35	7.43	29.62	27.22	8.12
15%	23.08	22.60	2.08	28.76	26.74	7.02	30.49	27.89	8.52
20%	23.95	23.47	2.01	29.53	27.51	6.84	30.78	28.56	7.19
Rata-rata % Δ fc'			3.90			7.388			8.325

Tabel 7. Persentase penurunan kuat tekan beton akibat pengaruh sulfat untuk w/c 0,65

% Bubuk Kaca	fc' rata-rata (MPa) umur 7 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 21 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 28 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat
	Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat	
0%	16.64	15.87	4.62	22.89	20.10	12.19	24.33	20.97	13.83
5%	17.98	17.02	5.35	22.37	20.68	11.52	24.91	21.64	13.13
10%	18.56	17.70	4.66	23.94	21.35	10.84	25.49	22.31	12.45
15%	18.95	18.47	2.54	24.33	21.93	9.88	25.68	22.41	12.37
20%	19.42	19.04	1.98	24.62	22.31	9.38	26.06	23.08	11.44
Rata-rata % Δ fc'			3.831			10.761			12.72



Gambar 5. Diagram Berat beton w/c 0,60



Gambar 6. Diagram Berat beton w/c 0,65

5. KESIMPULAN

1. Nilai slump beton dengan substitusi bubuk kaca lebih rendah daripada nilai slump beton normal tanpa substitusi bubuk kaca. Untuk kedua desain campuran, nilai slump beton terus menurun seiring penambahan jumlah kaca dalam beton. Hal ini berarti bahwa workabilitas terus berkurang dengan penambahan jumlah bubuk kaca.
2. Kuat tekan kedua desain campuran terus meningkat seiring dengan kenaikan persentase substitusi bubuk kaca pada beton.
3. Beton dengan perendaman dalam larutan memiliki kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton dengan curing air biasa. Untuk beton dengan w/c 0,60, penurunan nilai kuat tekan beton terbesar pada beton berumur 28 hari dengan nilai rata-rata sebesar 8,325%. Sedangkan untuk beton dengan w/c 0,65, penurunan nilai kuat tekan beton terbesar juga pada beton berumur 28 hari dengan nilai rata-rata sebesar 12,72%.
4. Berat beton untuk kedua desain campuran, baik beton dengan curing air biasa maupun beton dengan perendaman dalam larutan sulfat terus mengalami

penurunan seiring dengan pertambahan jumlah bubuk kaca dalam beton.

5. Dengan semakin meningkatnya jumlah kaca pada beton hingga 20% dari berat pasir, kuat tekan beton akan terus meningkat dengan berat yang semakin ringan, akan tetapi workabilitas akan terus berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Cement Concrete & Aggregate Australia. *Sulfat-Resisting Cement And Concrete*. Jurnal penelitian, 2002.
- Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. 2011. *Pedoman Praktikum Beton*. Inderalaya.
- Pandiangan, Thresia Yudinar, Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perawatan. Palembang. Jurusan teknik sipil universitas sriwijaya, 2011.
- Shayan, Ahmad. 2002. *Value-Added Utilisation of Waste Glass in Concrete*. Research Journal. <http://theconstructor.org>