

PENGARUH SULFAT TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN VARIASI BUBUK KACA SUBSTITUSI SEMEN DENGAN W/C 0,4 DAN 0,5

Fahmi Hidayat^{1*}, Gunawan Tanzil²

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

*Korespondensi Penulis: fahmi_hidayat19@yahoo.co.id

Abstract

The aggressive environment can damage concrete especially sulfate attack which would decrease compressive strength of concrete and also cause corrosion. Therefore, the additive was added into concrete mixture. A glass powder is an additive that contains binding substance in reaction with water and accelerate concrete hardening. This final project will discuss the effect of glass powder as replacement of cement in concrete mixture to concrete compressive strength that soaked in water and water containing sulfate.

In this research, concrete sample is cylindrical with diameter of 15 cm and height of 30 cm which consisting of normal concrete, 5%, 10%, 15% and 20% glass powder in concrete mixture with w/c 0,4 and 0,5. Soaking is done in two ways, ie soaked in water and water containing sulfate. The concrete compressive strength test was performed at 7,21 and 28 days.

The result of this research, the concrete that soaked in water and water containing sulfate has the highest compressive strength on 5% glass powder with w/c 0.4 of 44,92 MPa and 43,78 MPa on 28 days and 5% glass powder with w/c 0,5 of 35,86 MPa and 34,54 MPa on 28 days. Besides of that, the attack of sulfate can decrease compressive strength of concrete which have been soaked in water containing sulfate. The smallest reduction of compressive strength occurred on 20% glass powder with w/c 0,4 of 1,70% on 28 days and 20% glass powder with w/c 0,5 of 2,99% on 28 days. It can be concluded, despite the large increase glass powder in concrete mixture can decrease concrete compressive strength, but the effect of sulfate to concrete compressive strength is getting smaller.

Keywords : glass powder, sulfate, compressive strength

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada umumnya beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Jika diperlukan, bahan tambah dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain beton mempunyai kuat tekan yang baik, tahan lama dan tahan terhadap api. Selain itu, sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen *Portland* atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi (Mulyono, 2004).

Salah satu kelemahan dari beton adalah terjadinya bertambahnya volume beton yang sering terjadi pada beton yang langsung bersentuhan dengan air tanah maupun air laut. Bertambahnya volume beton yang telah mengeras ini memberikan kontribusi yang tidak sedikit bagi kehancuran beton sehingga dapat menurunkan kuat tekan pada beton dan juga dapat menyebabkan korosi. Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada lingkungan seperti ini sering terjadi karena adanya senyawa kimia yang dapat merusak beton terutama magnesium sulfat ($MgSO_4$).

Untuk mengurangi kelemahan-kelemahan pada beton akibat pengaruh lingkungan agresif dapat dilakukan dengan cara membuat beton kedap air, menggunakan fas rendah dan menggunakan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah salah satunya adalah serbuk kaca. Serbuk kaca berbahan dasar silika memiliki kandungan SiO_2 sebesar 72% dapat berfungsi untuk mengikat material dengan bantuan air dan CaO

sebesar 11% merupakan kandungan kapur dalam kaca yang dapat mempercepat pengerasan beton karena beton dengan kandungan kapur dibawah 65% dan juga CaO berfungsi menjaga keterikatan antara material (Shayan, 2002).

Oleh karena itu, peneliti mencoba melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam adukan beton terhadap kuat tekan beton yang direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh sulfat terhadap kuat tekan beton dengan variasi bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

1.3. Tujuan Penulisan

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui penambahan bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam adukan beton terhadap kuat tekan beton yang direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bubuk Kaca

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Beberapa Macam Warna Kaca

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
Fr 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

Serbuk kaca berbahan dasar silica memiliki kandungan SiO₂ sebesar 72% dapat berfungsi untuk mengikat material dengan bantuan air dan CaO sebesar 11% merupakan kandungan kapur dalam kaca yang dapat mempercepat pengerasan beton karena beton dengan kandungan kapur dibawah 65% pengerasannya seringkali agak lambat dan juga CaO berfungsi menjaga keterikatan antara material (Shayan, 2002). Sedangkan alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) akan lebih berfungsi untuk mengatur kecepatan proses hidrasi. Hidrasi adalah pelarutan suatu zat dengan pelarut air yang membantu pengukuran senyawa-senyawa di dalamnya. Oksida Alkali (Na₂O₃+K₂O), kehadiran oksida alkali perlu diwaspadai karena bisa merusak dan menimbulkan keretakan pada pasta semen dan beton yang sudah mengeras. Agregat yang tersedia untuk adukan beton harus memiliki reaktif alkali rendah, yaitu mengandung total unsur alkali rendah, tidak melebihi 0,6% (ekuivalen Na₂O). (Shayan, 2002)

2.2. Magnesium Sulfat (MgSO₄)

Magnesium sulfat merupakan salah satu garam yang paling agresif dan bersifat reaktif pada beton, karena mudah bereaksi dengan kalsium hidroksida yang merupakan sisa hasil hidrasi antara semen dengan air yang kemudian menghasilkan gypsum dan ettringite yang bersifat menambah volume sehingga terjadi pengembangan dan akhirnya dapat merusak beton.

Salah satu akibat yang ditimbulkan oleh magnesium sulfat adalah terjadinya disintegrasi pada beton. Proses disintegrasi adalah suatu proses pemisahan atau pelepasan dari suatu bahan yang berukuran besar dan menyatu menjadi bahan yang berukuran kecil dan terpisah-pisah. (Nugraha, 2007)

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa magnesium sulfat dapat menyebabkan disintegrasi pada beton yang akhirnya dapat mereduksi kekuatan beton itu sendiri. Kuat tekan beton tidak dapat diragukan lagi merupakan indeks daya tahan terhadap agresinya karena kekuatan, kepadatan serta permeabilitas yang rendah kesemuanya saling berkaitan satu dengan yang lainnya,

oleh karena itu, dengan semakin kuat beton diharapkan mampu menambah kekuatan dan keawetan beton

Untuk mengantisipasi serangan sulfat yang timbul pada beton adalah dengan meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat, untuk itu dapat dilakukan beberapa cara, antara lain: (Kasymir, 1997)

- Mengurangi jumlah air yang digunakan atau menggunakan ratio air semen yang relatif kecil..
- Menggunakan aditif mineral dalam campuran beton

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tinjauan Umum

Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk membuat proporsi rancangan campuran (*mix design*) menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) Standard 211.1. Benda uji beton berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang terdiri dari beton normal, 5%, 10%, 15% dan 20% bubuk kaca. Faktor air semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,4 dan 0,5. Perendaman dilakukan dengan 2 cara yaitu, direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat. Pengujian kuat tekan benda uji beton dilakukan pada umur 7, 21 dan 28 hari.

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara eksperimental yang dilakukan di Laboratorim Bahan Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

3.2. Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Semen
Semen yang digunakan adalah semen Baturaja tipe I.
- b. Agregat kasar
Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah ½ yang berasal dari Lahat, Sumatera Selatan.
- c. Agregat halus
Agregat halus yang digunakan berasal dari daerah Talang Balai, Sumatera Selatan.
- d. Air
Air yang digunakan berasal dari sistem jaringan air bersih dari Lab. Beton Teknik Sipil Unsri.
- e. Bubuk kaca
Bubuk kaca berasal dari botol yang lolos saringan No.100 yang berfungsi sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.
- f. Sulfat (MgSO₄)
Sulfat (MgSO₄) yang digunakan sebanyak 5% yang akan dicampurkan ke dalam air.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan, mesin getar ayakan, mesin uji kuat tekan, timbangan, mesin pengaduk beton, gelas ukur, kerucut konic, oven, piknometer, mesin aduk beton, talam, kerucut Abrams dan cetakan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Campuran Beton

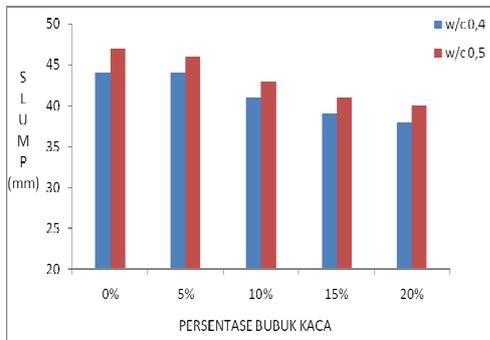
Tabel 4.1. Perancangan Campuran Beton

Material	Komposisi (kg)	
	0,4	0,5
Agregat Kasar	5,037	5,037
Agregat halus	4,015	4,506
Air	0,964	0,953
Semen	2,452	1,962

4.2. Pengujian Slump

Tabel 4.2. Pengujian Slump

Variasi Bubuk Kaca	Nilai Slump (mm)	
	0,4	0,5
BN	44	47
5%	44	45
10%	41	44
15%	39	42
20%	38	39



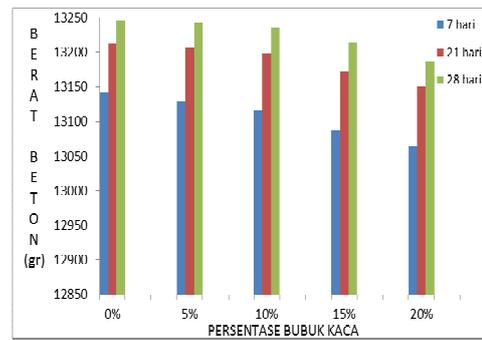
Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Nilai Slump Beton w/c 0,4 dan 0,5

Dari Gambar 4.1 diatas, menunjukkan bahwa pada beton dengan faktor air semen 0,4 memiliki nilai slump yang lebih kecil dibandingkan dengan beton dengan faktor air semen 0,5. Nilai slump beton normal lebih besar dibandingkan beton dengan bubuk kaca baik persentasi 5%, 10%, 15% dan 20%. Semakin banyak bubuk kaca pada beton maka nilai slump yang diperoleh akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bubuk kaca hanya sedikit menyerap air sehingga beton menjadi lebih padat dan nilai slump menjadi menurun.

4.3. Beton Dengan Faktor Air Semen 0,4 Berat Beton

Tabel 4.3. Data Berat Beton

No	Benda Uji	Berat Beton Rata-Rata (gr)		
		7 Hari	21 Hari	28 Hari
1	BN	13142,67	13212,67	13245,67
2	5%	13129,33	13207,67	13243,00
3	10%	13117,67	13197,33	13236,33
4	15%	13087,67	13172,33	13214,00
5	20%	13064,33	13150,67	13185,67



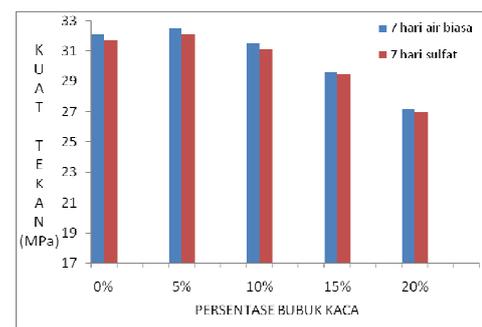
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Persentase Bubuk Kaca Terhadap Berat Beton

Berdasarkan grafik 4.2, pada umur 7, 21 dan 28 hari beton normal memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan beton dengan persentase bubuk kaca 5%, 10%, 15% dan 20% yaitu 13142,67 gr, 13212,67 gr dan 13245,67 gr. Sedangkan beton yang memiliki berat terkecil adalah beton dengan persentase bubuk kaca 20% yaitu 13064,33 gr, 13150,67 gr dan 13185,67 gr. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat menurunkan berat beton.

Kuat Tekan Beton

Tabel 4.4. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Bandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,4 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 7 Hari

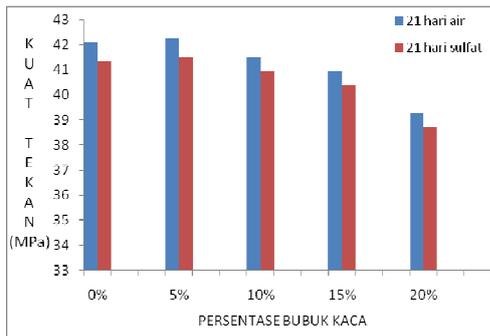
No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Penurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
1	BN	32,08	31,71	1,17
2	5%	32,46	32,08	1,16
3	10%	31,52	31,14	1,14
4	15%	29,63	29,44	0,84
5	20%	27,18	26,99	0,71



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Tabel 4.5. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,4 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 21 Hari

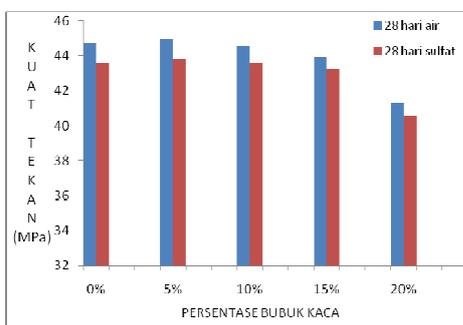
No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Penurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
1	BN	42,09	41,33	1,80
2	5%	42,27	41,52	1,78
3	10%	41,52	40,95	1,37
4	15%	40,95	40,39	1,38
5	20%	39,25	38,69	1,33



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 21 Hari

Tabel 4.6. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,4 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 28 Hari

No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Peurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
1	BN	44,73	43,60	2,54
2	5%	44,92	43,78	2,53
3	10%	44,54	43,60	2,12
4	15%	43,97	43,22	1,71
5	20%	41,33	40,58	1,70



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

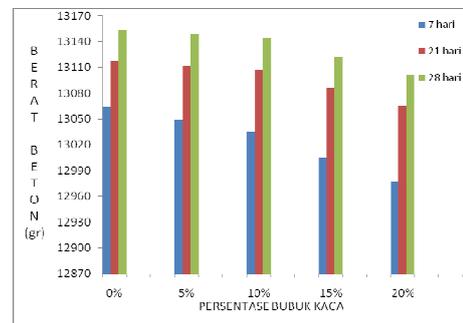
Berdasarkan grafik-grafik diatas, menunjukkan bahwa beton yang direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat yang memiliki kuat tekan tertinggi pada beton dengan persentase bubuk kaca 5% pada umur 28 hari yang mencapai 44,92 MPa dan 43,78 MPa, sedangkan beton dengan persentase bubuk kaca 20% memiliki kuat tekan terendah pada umur 28

hari yang mencapai 41,33 MPa dan 40,58 MPa. Adanya serangan sulfat terhadap beton menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan yang dihasilkan oleh beton yang direndam air yang mengandung sulfat. Penurunan kuat tekan terbesar terjadi pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama beton yang direndam dalam air yang mengandung sulfat, maka semakin besar penurunan kuat tekan yang terjadi pada beton. Pada umur 7, 21 dan 28 hari beton normal mengalami penurunan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton lainnya yaitu 1,17%, 1,80% dan 2,54%. Dan beton dengan 20% bubuk kaca mengalami penurunan kuat tekan terkecil yaitu 0,71%, 1,33% dan 1,70%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat menurunkan kuat tekan beton, namun pengaruh sulfat terhadap kuat tekan semakin kecil.

4.4. Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 Berat Beton

Tabel 4.7. Data Berat Beton

No	Benda Uji	Berat Beton Rata-Rata (gr)		
		7 hari	21 hari	28 Hari
1	BN	13064,00	13118,33	13153,00
2	5%	13048,67	13111,33	13148,67
3	10%	13035,33	13107,00	13144,00
4	15%	13004,67	13085,67	13122,67
5	20%	12977,00	13066,00	13101,67



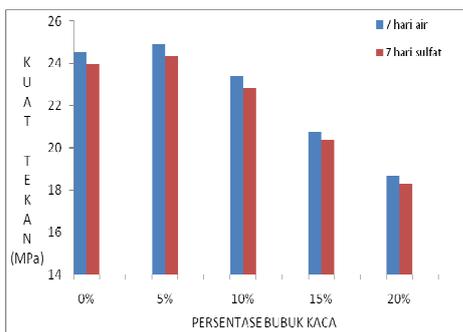
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Persentase Bubuk Kaca Terhadap Berat Beton

Berdasarkan gambar 4.6, pada umur 7, 21 dan 28 hari beton normal memiliki berat yang lebih besar dibandingkan beton dengan persentase bubuk kaca 5%, 10%, 15% dan 20% yaitu 13064,00 gr, 13118,33 gr dan 13153,00 gr. Sedangkan beton yang memiliki berat terkecil yaitu beton dengan persentase bubuk kaca 20% yaitu 12977,00 gr, 13066,00 gr dan 13101,67 gr. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat menurunkan berat beton.

4.5. Kuat Tekan Beton

Tabel 4.8. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,5 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 7 Hari

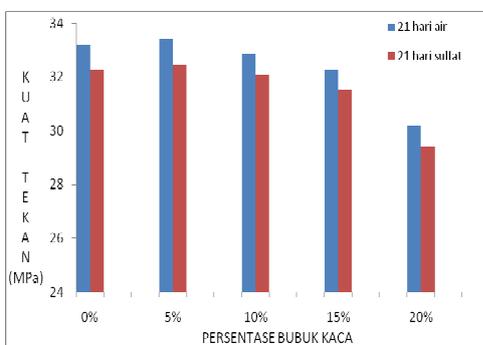
No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Penurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
		1	BN	
2	5%	24,91	24,35	2,27
3	10%	23,40	22,84	2,16
4	15%	20,76	20,38	1,83
5	20%	18,68	18,31	1,78



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Tabel 4.9. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,5 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 21 Hari

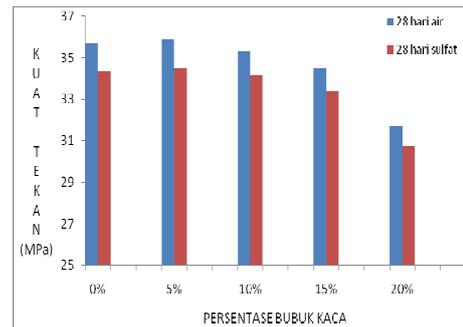
No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Penurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
		1	BN	
2	5%	33,40	32,46	2,81
3	10%	32,84	32,08	2,30
4	15%	32,27	31,52	2,33
5	20%	30,20	29,44	2,21



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 21 Hari

Tabel 4.10. Perbandingan Kuat Tekan Beton Faktor Air Semen 0,5 Antara Beton yang Direndam Dalam Air Biasa dan Air Yang Mengandung Sulfat Pada Umur 28 Hari

No.	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Penurunan f_c' (%)
		Air Biasa	Sulfat	
		1	BN	
2	5%	35,86	34,54	3,69
3	10%	35,29	34,16	3,20
4	15%	34,54	33,40	3,29
5	20%	31,71	30,76	2,99



Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Berdasarkan grafik-grafik diatas, menunjukkan bahwa beton yang direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat yang memiliki kuat tekan tertinggi pada beton dengan persentase bubuk kaca 5% pada umur 28 hari yang mencapai 35,86 MPa dan 34,54 MPa, sedangkan beton dengan persentase bubuk kaca 20% memiliki kuat tekan terendah pada umur 28 hari yang mencapai 31,71 MPa dan 30,76 MPa. Adanya serangan sulfat terhadap beton menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan yang dihasilkan oleh beton yang direndam air yang mengandung sulfat. Penurunan kuat tekan terbesar terjadi pada umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama beton yang direndam dalam air yang mengandung sulfat, maka semakin besar penurunan kuat tekan yang terjadi pada beton. Pada umur 7, 21 dan 28 hari, beton normal mengalami penurunan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton lainnya yakni 2,29%, 2,85% dan 3,71%. Dan beton dengan 20% bubuk kaca mengalami penurunan kuat tekan terkecil yaitu 1,78%, 2,21% dan 2,99%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat menurunkan kuat tekan beton, namun pengaruh sulfat terhadap kuat tekan semakin kecil.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Pada beton dengan faktor air semen 0,4 memiliki nilai *slump* yang lebih kecil dibandingkan dengan beton dengan faktor air semen 0,5.
2. Nilai *slump* beton normal lebih besar dibandingkan dengan beton dengan persentase bubuk kaca 5%, 10%, 15% dan 20%. Semakin banyak ditambahkan bubuk kaca pada beton maka nilai *slump* yang

diperoleh akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bubuk kaca hanya sedikit menyerap air sehingga beton menjadi lebih padat dan nilai *slump* menjadi menurun.

3. Beton dengan faktor air semen 0,4 dan 0,5, beton dengan persentase bubuk kaca 5% memiliki kuat tekan tertinggi dan beton dengan persentase bubuk kaca 20% memiliki kuat tekan terendah, baik pada beton yang direndam dalam air biasa dan air yang mengandung sulfat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton, maka semakin kecil kuat tekan yang dihasilkan oleh beton tersebut.
4. Beton dengan faktor air semen 0,4 dan 0,5, beton yang direndam dalam air biasa memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang direndam dalam air yang mengandung sulfat.
5. Semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat mengurangi pengaruh sulfat terhadap kuat tekan beton. Pada beton dengan faktor air semen 0,4 dan 0,5, beton dengan persentase bubuk kaca 20% mengalami penurunan lebih kecil dibandingkan dengan beton lainnya, sedangkan beton normal mengalami penurunan yang paling besar.
6. Beton dengan faktor air semen 0,4 dan 0,5, beton normal memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan beton lainnya dan beton dengan persentase bubuk kaca 20% memiliki berat terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase bubuk kaca dalam campuran beton dapat menurunkan berat beton.
- 7) Nawy, Edward G. 1985. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar, Terjemahan*. PT. Refika Aditama: Bandung
- 8) Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. CV. Andi Offset : Yogyakarta
- 9) Prasasti, Priska K. 2011. *Pengaruh Substitusi Bubuk Kaca Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perawatan*. Universitas Sriwijaya
- 10) Sagel R., dan H. Kesuma, Gideon. 1993. *Pedoman Pekerjaan Beton, Cetakan Pertama*. Erlangga: Jakarta
- 11) Shayan, Ahmad. 2002. *Value-Added Utilisation of Waste Glass in Concrete*. Research Journal

5.2. Saran

1. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen terhadap kekuatan beton baik dengan perendaman dalam air biasa dan perendaman dalam air yang mengandung sulfat.
2. Untuk penelitian terhadap serangan zat-zat kimia agresif, agar dapat mengetahui pengaruh bubuk kaca secara signifikan maka sebaiknya digunakan larutan sulfat ($MgSO_4$) dengan konsentrasi yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) ACI (*American Concrete Institute*) Standard 211.1.1991. *Recommended Practice for Selecting Proportions for Concrete*.
- 2) Departemen Pekerjaan Umum. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Cetakan Ketujuh*. Yayasan LPMB: Bandung
- 3) Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- 4) Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. 2011. *Pedoman Praktikum Beton*
- 5) Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. CV. Andi Offset: Yogyakarta
- 6) McCormac, Jack C. 2001. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima, Terjemahan*. Erlangga: Bandung