

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

Fikkriansyah<sup>1\*</sup>, Gunawan Tanzil<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

\*Korespondensi Penulis: fikkriansyah12@yahoo.co.id

## Abstract

Increase of cement price, causing the cost of concrete production more expensive. To overcome this problem is to utilize industrial wastes. The most potential is waste glass, that when the form of very fine powder showed pozzolan properties because it contains SiO<sub>2</sub>. And to improve the durability of concrete, sulfate-resistant concrete studied. Cement in concrete is replaced by glass powder with the proportion of 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. Cylindrical specimens were made with two different mix designs ( $w/c$  0,6 and 0,65) is calculated based on ACI method. Specimens soaked in two types of water, plain water and magnesium sulfate solution for 7, 21, and 28 days. Komala Sari (2011) examined a concrete with glass powder as a cement replacement percentage up to 20% glass powder, obtained the 5% glass cement replacement concrete achieve maximum compressive strength. From the research, obtained found that only the 5% glass cement replacement concrete that reached the design strength. The compressive strength of the 5% glass cement replacement concrete was the maximum compressive strength. While the concrete with 15% and 20% glass replacement has a smaller compressive strength than normal concrete.

**Keywords :** Compressive strength, glass powder, sulfate solution

## 1. PENDAHULUAN

Lingkungan yang agresif dapat membawa dampak yang merugikan terhadap beton, karena di lingkungan ini banyak terkandung zat – zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur yang terdapat dalam beton. Seperti misalnya pada air tanah yang banyak mengandung garam sulfat dan salah satu diantaranya bersifat reaktif adalah magnesium sulfat. Dalam hal ini diperlukan beton yang memiliki keawetan atau durability yang tinggi sehingga beton tersebut tahan terhadap serangan magnesium sulfat.

Selain zat – zat kimia seperti sulfat, banyak juga terdapat limbah – limbah industri yang mencemarkan lingkungan. Salah satunya limbah kaca. Dimana limbah kaca ketika berbentuk bubuk yang sangat halus menunjukkan sifat *pozzolanik* karena mengandung SiO<sub>2</sub> berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dan diharapkan menambah kuat tekan beton karena butirannya yang sangat kecil dan mampu mengisi lubang pori pada beton.

Pada penelitian ini mencoba memanfaatkan pecahan kaca yang lolos saringan no. 100 dari botol yang dibuat seperti semen sebagai bahan material substitusi semen dalam pembuatan beton dengan kadar persentase 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen yang digunakan. Selain itu dengan dua nilai faktor air semen sebesar 0,6 dan 0,65. Beton akan direndam di air sulfat, kemudian dibandingkan dengan beton yang terendam air biasa.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bubuk Kaca

Terdapat berbagai bahan daur ulang yang dapat digunakan dalam konstruksi. Salah satunya yaitu limbah kaca. Dengan bahan mentah yang banyak dan murah, kaca memiliki ketahanan terhadap abrasi serta ketahanan terhadap cuaca atau serangan kimia yang baik, karena di dalam kaca terdapat kandungan silika yang cukup tinggi. Sehingga kaca juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuat beton.

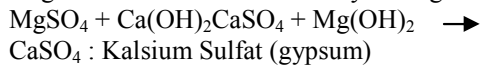
Tabel 1. Komposisi dari kaca (%)

Komposisi	Crushed Glass	Glass Powder
SiO <sub>2</sub>	72,61	72,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,38	1,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,48	0,48
CaO	11,70	11,42
MgO	0,56	0,79
Na <sub>2</sub> O	13,12	12,85
K <sub>2</sub> O	0,38	0,43
SO <sub>3</sub>	0,09	0,09
L.O.I.	0,22	0,36

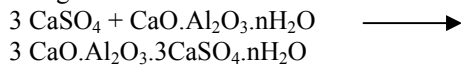
### 2.2. Pengaruh Sulfat Terhadap Beton

Lingkungan agresif biasanya banyak mengandung senyawa – senyawa kimia yang dapat merusak beton. Senyawa ini biasanya dijumpai pada air tanah dan air laut yang umumnya mengandung 3,7 % - 4 % garam – garam terlarut yang terdiri dari 75 % natrium klorida (NaCl), 10 % magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), dan 10 % sisanya garam sulfat, magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>), kalium sulfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). (Paulus Nugraga, 1989). Diantara garam – garam tersebut, magnesium sulfat salah satu garam yang paling agresif dan bersifat reaktif pada beton.

Dimana, pada proses hidrasi semen dihasilkan kalsium hidroksida dan kalsium aluminat hidrat. Kalsium hidroksida bersifat alkalin dimana sifat ini menyebabkan beton sensitif terhadap serangan garam sulfat. Magnesium sulfat akan bereaksi dengan kalsium hidroksida akan menghasilkan kalsium sulfat dan magnesium hidroksida. Reaksinya sebagai berikut :



Selanjutnya, gypsum bereaksi dengan kalsium aluminat hidrat akan menghasilkan kalsium sulfo aluminat (ettringite) yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan muai dan retak pada beton. Reaksinya sebagai berikut :



3CaSO<sub>4</sub> : Kalsium sulfat aluminat (bersifat mengembang)

Oleh karena pengembangan volume yang melampaui volume asalnya, maka proses kimiawi ini akan menimbulkan penggelembungan, retak dan selanjutnya menjalar sampai ke dalam beton.

### 2.3. Faktor Utama Yang Mempengaruhi Serangan Sulfat

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

1. Jenis sulfat magnesium dan ammonium sulfat adalah jenis yang paling merusak beton.
2. Konsentrasi sulfat, semakin banyak kadar sulfat maka beton akan semakin cepat rusak.
3. Tekanan
4. Suhu, karena dengan reaksi kimia, laju reaksi meningkat dengan suhu
5. Serangan lebih intensif terjadi pada beton yang terkena siklus pembasahan dan pengeringan dari pada beton yang sepenuhnya terus terendam dalam larutan.

### 3. METODOLOGI

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen : Semen Portland tipe I PT. Semen Baturaja.
2. Agregat halus (pasir) : pasir yang berasal dari Talang Balai, Sumatera Selatan.
3. Agregat Kasar (spilt) : berupa batu pecah 1/2 yang berasal dari Lahat, Sumatera Selatan.
4. Air : air PDAM Laboratorium uji beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya
5. Bubuk kaca yang digunakan sebagai substitusi semen dengan kadar 5%, 10%, 15%, 20% dari berat semen yang lolos saringan no. 100.
6. Sulfat yang digunakan adalah magnesium sulfat dengan kadar 5% dari berat air rendaman.

Benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dibatasi pada benda uji berumur 7, 21, dan 28 hari dengan dua nilai faktor air semen yaitu 0,6 dan 0,65. Untuk mengetahui pengaruh sulfat terhadap beton, maka dibuat benda uji yang direndam air biasa sebagai pembanding kuat tekan benda uji yang direndam larutan sulfat sebesar 5 % dari berat air. Pada setiap persentase kaca, dibuat masing-masing 3 benda uji setiap umur beton, baik untuk beton yang direndam sulfat dan beton yang direndam air biasa sehingga keseluruhan benda uji sebanyak 180 buah. Setelah itu, beton dilepas dari cetakan. Benda uji akan direndam selama 7, 21, dan 28 hari. Baik direndam dengan air sulfat maupun dengan air biasa. Setelah itu beton ditimbang dan diuji kuat tekan beton.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian Material Beton

Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian material agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian material

Jenis Tes	Agregat	
	Halus	Kasar
Kadar Organik	Nomor 3	-
Kadar Lumpur (%)	0.656	-
Berat Volume Padat (kg/l)	1.730	1.540
Berat Volume Gembur (kg/l)	1.450	1.384
Modulus Kehalusan	2.77	2.586
% Kadar Air	4.036	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

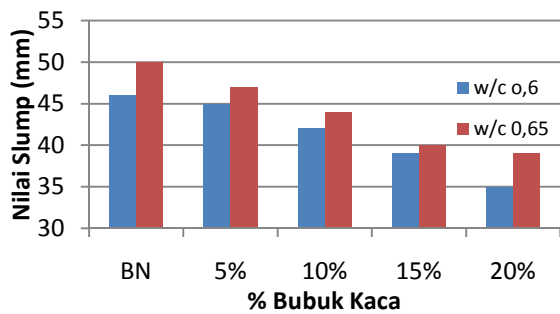
(Sumber : hasil pengujian laboratorium)

### 4.2. Pengujian Slump

Data hasil pengujian slump yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 1.

Tabel 3. Nilai slump

w/c	Kadar Kaca	Slump (mm)
0,6	BN	46
	5%	45
	10%	42
	15%	39
	20%	35
0,65	BN	50
	5%	47
	10%	44
	15%	40
	20%	39



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 46 mm untuk beton dengan nilai faktor air semen 0,6. Nilai slump terkecil terdapat pada beton dengan penambahan bubuk kaca sebesar 20% yaitu 35 mm. Sedangkan untuk faktor air semen 0,65 slump terbesar adalah 50 mm yang terjadi pada beton normal. Dan slump terkecil sebesar 39 mm.

#### 4.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dapat dilihat pada gambar 2, beton dengan w/c 0,6 baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat memiliki kuat tekan beton maksimum yang terjadi pada beton dengan campuran bubuk kaca sebesar 5 %, baik pada umur 7, 21, maupun 28 hari.

Pada beton dengan w/c 0,6, didapat bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dibandingkan dengan 7 maupun 21 hari, baik pada beton dengan persentase bubuk kaca 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Masing – masing sebesar 28,18 Mpa, 29,04 Mpa, 27,89 Mpa, 27,02 Mpa, 24,81 Mpa. Sedangkan persentase bubuk kaca 5% memiliki kuat tekan yang besar dibandingkan dengan BN, 10%, 15%, dan 20% baik pada umur 7, 21, 28 hari yaitu sebesar 21,16 Mpa, 27,02 Mpa, 29,04 Mpa.

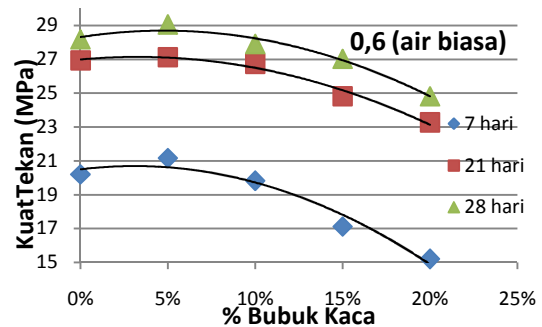
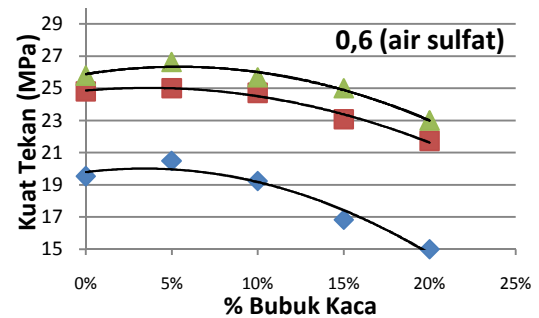
Sedangkan untuk beton dengan w/c 0,6 yang terendam larutan sulfat didapat bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dibandingkan dengan 7 maupun 21 hari, baik pada beton dengan persentase bubuk kaca 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Masing – masing sebesar 26,06 Mpa, 26,64 Mpa, 25,87 Mpa, 25,10 Mpa, 22,79 Mpa. Sedangkan persentase bubuk kaca 5% memiliki kuat tekan yang besar dibandingkan dengan BN, 10%, 15%, dan 20% baik pada umur 7, 21, 28 hari yaitu sebesar 20,20 Mpa, 25,68 Mpa, 26,64 Mpa.

Begitu pula beton dengan w/c 0,65 baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat memiliki kuat tekan beton maksimum yang terjadi pada beton dengan campuran bubuk kaca sebesar 5 %, baik pada umur 7, 21, maupun 28 hari. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

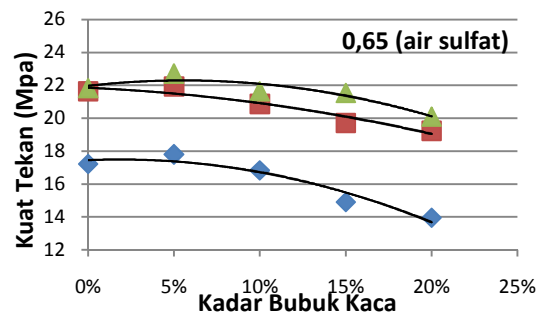
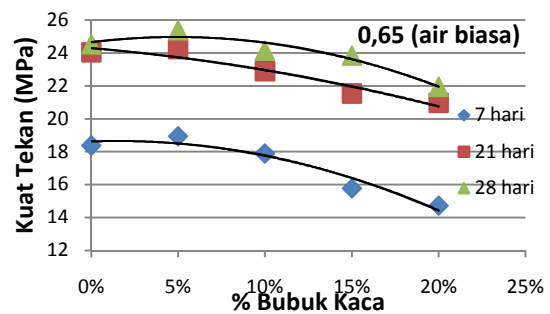
Pada beton dengan w/c 0,65 didapat bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dibandingkan dengan 7 maupun 21 hari, baik pada beton dengan persentase bubuk kaca 0%,

5%, 10%, 15%, 20%. Masing – masing sebesar 24,52 Mpa, 25,39 Mpa, 24,14 Mpa, 23,58 Mpa, 21,93 Mpa. Sedangkan persentase bubuk kaca 5% memiliki kuat tekan yang besar dibandingkan dengan BN, 10%, 15%, dan 20% baik pada umur 7, 21, 28 hari yaitu sebesar 18,37 Mpa, 23,47 Mpa, 25,39 Mpa.

Sedangkan beton yang terendam larutan sulfat kuat tekan beton pada umur 28 hari memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dibandingkan dengan 7 maupun 21 hari, baik pada beton dengan persentase bubuk kaca 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Masing – masing sebesar 21,83 Mpa, 22,70 Mpa, 21,64 Mpa, 21,54 Mpa, 20,10 Mpa.



Gambar 2. Kuat tekan beton



Gambar 3. Kuat Tekan

Beton dengan substitusi kaca maupun yang tidak akan mengalami penurunan kuat tekan beton pada saat dilakukan perendaman terhadap larutan sulfat. Penurunan kuat tekan tersebut dapat dilihat pada tabel 4 untuk w/c = 0,6 dan tabel 5 untuk w/c = 0,65.

Dari tabel 4 dan tabel 5 dapat dilihat bahwa penurunan kuat tekan beton yang terbesar terjadi pada beton normal untuk w/c = 0,6 yaitu 8,53 % pada saat umur 28 hari. Begitu juga dengan beton w/c = 0,65, dimana penurunan kuat tekan beton yang terbesar terjadi pada beton normal sebesar 10,98 % pada saat umur 28 hari. Dapat disimpulkan bahwa penurunan kuat tekan beton akan semakin meningkat, yang disertai dengan lamanya umur beton tersebut. Hal ini menunjukkan

bahwa semakin lama beton melakukan kontak dengan larutan sulfat, kuat tekannya akan semakin berkurang.

#### 4.4. Berat beton

Dapat dilihat pada gambar 4 bahwa beton normal w/c 0,6 yang direndam air biasa memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang bercampur dengan kaca baik pada umur 7, 21, dan 28 hari. Masing – masing sebesar 12.672 gr, 12.737 gr, dan 12.804 gr. Penurunan berat beton terjadi seiring dengan penambahan bubuk kaca. Dimana beton yang memiliki berat paling kecil terdapat pada beton dengan campuran bubuk kaca 20%. Sedangkan dilihat dari umur, beton yang memiliki berat maksimum terdapat pada umur 28 hari yaitu sebesar 12.804 gr yang terdapat pada beton normal.

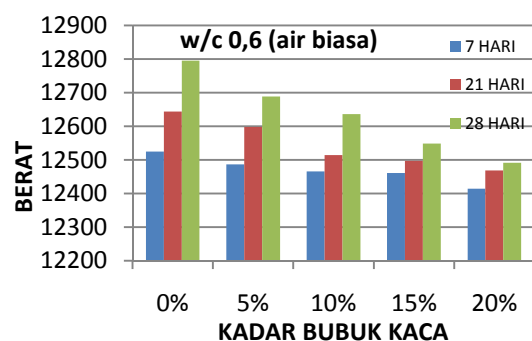
Tabel 4. Persentase penurunan kuat tekan beton akibat pengaruh sulfat untuk w/c 0,6

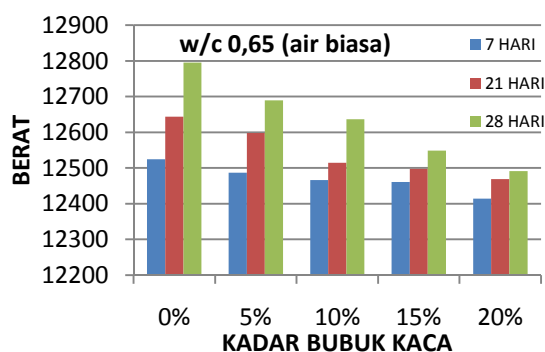
% Bubuk Kaca	fc' rata-rata (MPa) umur 7 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 21 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	fc' rata-rata (MPa) umur 28 hari		% Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat
	Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat		Direndam Air Biasa	Direndam Larutan sulfat	
0%	20,2	19,52	3,33	26,93	24,81	7,86	28,18	25,77	8,53
5%	21,16	20,48	3,18	27,12	25,01	7,8	29,04	26,64	8,28
10%	19,81	19,23	2,91	26,74	24,72	7,55	27,89	25,68	7,93
15%	17,12	16,83	1,69	24,81	23,08	6,98	27,02	25	7,49
20%	15,2	15	1,27	23,27	21,74	6,61	24,81	22,99	7,36
Rata-rata % $\Delta f_c'$			2,47			7,36			7,92

Tabel 5. 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%	18,37	17,22	6,28	24,04	21,64	10	24,52	21,83	10,98
5%	18,95	17,79	6,09	24,24	21,93	9,52	25,39	22,7	10,61
10%	17,89	16,83	5,91	22,89	20,87	8,82	24,14	21,64	10,36
15%	15,77	14,91	5,49	21,54	19,72	8,48	23,85	21,54	9,68
20%	14,71	13,95	5,23	20,97	19,23	8,26	21,93	20,1	8,33
Rata-rata % $\Delta f_c'$			5,8			9,02			9,99

Beton dengan w/c 0,65 yang direndam air biasa, beton normal memiliki berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang bercampur dengan kaca sebesar 12.525 gr, 12.644 gr, 12.795 gr yang dilihat dari umur 7, 21, 28 hari. Penurunan berat beton terjadi seiring dengan penambahan bubuk kaca. Dimana beton yang memiliki berat paling kecil terdapat pada beton dengan campuran kaca 20%, sebesar 12.414 gr, 12.469 gr, 12.491 gr baik pada umur 7, 21, 28 hari. Sedangkan dilihat dari umur, beton yang memiliki berat maksimum terdapat pada umur 28 hari sebesar 12795 gr yang terdapat pada beton normal. Pola kenaikan dan penurunan berat beton ini juga terjadi pada beton yang direndam air biasa.





Gambar 4. Berat Beton

## 5. KESIMPULAN

1. Nilai slump beton mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar substitusi bubuk kaca sebagai pengganti agregat halus baik untuk beton dengan nilai factor air semen 0,6 maupun 0,65.
2. Beton dengan nilai faktor air semen 0,6 dan 0,65, baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat memiliki kuat tekan beton maksimum pada beton campuran bubuk kaca 5 %. Sedangkan dilihat dari umur beton, umur 28 hari memiliki kuat tekan terbesar.
3. Beton dengan faktor air semen 0,6 yang direndam dengan larutan magnesium sulfat mengalami penurunan kuat tekan beton dibandingkan dengan yang direndam air biasa. Penurunan nilai kuat tekan

terbesar terjadi pada beton normal dengan 28 hari yaitu sebesar 8,53 %. Begitu pun terjadi pada faktor air semen 0,65. Penurunan kuat tekan beton terbesar terjadi pada beton normal dengan 28 hari yaitu sebesar 10,98 %.

4. Berat beton akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan bubuk kaca, baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) ACI 211.1-91. *Recommended Practice For Selecting Proportions For Concrete*.
- 2) Dipohusodo, Istimawan. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 1994.
- 3) Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. 2011. *Pedoman Praktikum Beton*. Inderalaya.
- 4) Sari, Komala. *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat tekan Beton Tanpa Perawatan*. Palembang, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, 2011.
- 5) Amir Husin, Andriati. *Penelitian Pengaruh Larutan Garam Sulfat Terhadap Kualitas Beton Ringan*. Jurnal penelitian 2010.
- 6) M.N. Bajad. *Effect Of Glass On Strenght Of Concrete Subjected To Sulphate Attack*. Jurnal Penelitian 2011.
- 7) SK SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan standarisasi nasional. Jakarta, 1990.