

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

Nety^{1*}, Gunawan Tanzil²

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

*Korespondensi Penulis: Nety_yh@yahoo.co.id

Abstract

The Concrete buildings which located in certain location susceptible to sulfate attack. The sulfate can damage the buildings, one of the alternative that can be used to improve the durability of concrete due to sulfate attack by reducing the porosity, the glass powder as a sample that can be use. The glass powder has a pozzolanic character that can fill the empty voids in the concrete. The purpose of this study was to determine the effect of glass powder as fine aggregate replacement in concrete that exposed and not exposed to sulfate attack. In this research, some tests were done to determine the compressive strength by replacing sand with 0%, 5%, 10%, 15% and 20% of glass powder. The cylinder specimen was soaked with plain water and 5% MgSO₄ solution with 7, 21 and 28 days, using water-cement ratio 0,4 and 0,5. The result shows that the smallest percentage reduction in the compressive strength due to sulfate attack was founded in 20% of glass content, for w/c = 0,4 in 7 days was 0,57% and for w/c = 0,5 was 1,45%. The highest compressive strength of concrete that was soaked with plain water and 5% MgSO₄ solution was founded in 20% of glass content, for w/c = 0,4 in 28 days was 44,72 MPa and 43,85 MPa and then for w/c = 0,5 was 37,80 MPa and 36,45 MPa. So if the content of glass increase the compressive strength will increase and the percentage reduction in compressive strength due to sulfate attack will decrease.

Keywords : glass powder, compressive strength, sulfate.

1. PENDAHULUAN

Basuki (2012) menyebutkan bahwa dewasa ini beton banyak digunakan untuk konstruksi bangunan. Beton pada pemakaian di lokasi tertentu ternyata rentan terhadap serangan kimia dan lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena semen sebagai bagian terpenting pada beton merupakan material yang terdiri atas bahan-bahan kimia yang memungkinkan untuk bereaksi dengan zat-zat kimia di sekitarnya. Serangan kimia pada beton ini secara praktis dibedakan atas lima kategori, yakni kategori senyawa asam, ammonium, magnesium, sulfat dan hidroksida alkali. Serangan semua senyawa asam dan sulfat ini berdampak buruk pada beton, kandungan sulfat yang ada pada air tanah, air laut, limbah industri dapat mengakibatkan kerusakan struktur bangunan disekitarnya, terutama bangunan seperti pondasi, basement, terowongan yang berhubungan langsung dengan tanah.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap disintegrasi oleh zat kimia yang bersifat agresif terutama magnesium sulfat adalah dengan mengurangi porositas beton sehingga beton lebih kedap air. Pada penelitian ini berusaha untuk membuat beton yang lebih kedap air yaitu dengan menggunakan bubuk kaca. Bubuk kaca butiran halus yang bersifat *pozzolan* kini dapat mengisi rongga-rongga kosong pada beton sehingga dapat mengurangi porositas beton, penggunaan limbah industri seperti kaca merupakan alternatif yang baik, karena akan terjadi proses pemanfaatan sehingga limbah dapat dikurangi.

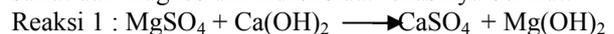
Bubuk kaca mempunyai kandungan SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ dan CaO yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dan agregat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mekanisme Serangan Sulfat Pada Beton

Husin (2010) menyebutkan bahwa garam-garam sulfat yang umum terdapat secara alami dalam tanah merupakan garam-garam sulfat yang merugikan karena merupakan kontaminasi sulfat akibat adanya reaksi kimia yang ditimbulkan dengan semen atau beton. Garam-garam tersebut adalah Natrium sulfat dan Magnesium sulfat, yang banyak ditanah. Magnesium sulfat merupakan 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 menghasilkan *gypsum* dan *ettringite* yang bersifat menambah volume sehingga terjadi pengembangan dan akhirnya dapat merusak beton.

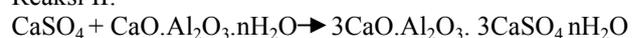
Putra (2006) menyebutkan bahwa pada proses hidrasi semen dihasilkan kalsium hidroksida dan kalsium aluminat hidrat. Kalsium hidroksida bersifat alkalin dimana sifat ini menyebabkan beton sensitif terhadap serangan garam sulfat. Magnesium sulfat akan bereaksi dengan kalsium hidroksida akan menghasilkan kalsium sulfat dan magnesium hidroksida. rekasinya berikut:



CaSO₄ = kalsium sulfat (*gypsum*)

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

Reaksi II:



↓
kalsium sulfo aluminat

Oleh karena pengembangan volume yang melampaui volume asalnya, makaproses kimiawi ini akan menimbulkan penggelembungan dan retak.

Kaca

Bubuk kaca adalah bahan anorganik yang mengalami proses peleburan setelah itu mengalami proses pendinginan dan menjadi padat tanpa proses penkristalan. Kaca merupakan salah satu limbah yang kaya akan kandungan silika, dan biasanya limbah kaca hanya didaur ulang sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan nilai guna limbah kaca.

Sifat kaca yang kaya akan silika diharapkan dapat mengganti fungsi agregat halus sebagai pengisi beton. Silika dapat berfungsi sebagai bahan penguat beton dan meningkatkan daya tahan. Unsur-unsur lain seperti oksidasi besi (Fe_2O_3) dan juga alumina (Al_2O_3) berfungsi untuk mengatur kecepatan proses hidrasi. Komposisi dari senyawa penyusun kaca dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Komposisi zat kimia dari semen dan kaca.

Komposisi	Semen	Kaca
SiO ₂	20,2	72,5
Al ₂ O ₃	4,7	0,4
Fe ₂ O ₃	3	0,2
CaO	61,9	9,7
MgO	2,6	3,3
Na ₂ O	0,19	13,7
K ₂ O	0,82	0,1
SO ₃	3,9	-
Loss of ignition	1,9	0,36
Fineneaa % passing (sieve size)	97,4 (45µm)	80 (45µm)

Sumber: Jurnal *Effect Of Glass on Strength Of Concrete Subjected To Sulphate Attack*.

3. METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Semen Portland tipe I PT. Semen Baturaja
- Agregat halus adalah pasir dari Talang Balai Sumatera Selatan.
- Agregat Kasar adalah batu pecah 1/2 yang berasal dari Lahat.
- Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Uji Beton Universitas Sriwijaya
- Sulfat yang digunakan magnesium sulfat 5% dari kadar air rendaman.
- Bubuk kaca yang digunakan yaitu bubuk kaca yang lolos saringan 2,36 mm.

Peralatan-peralatan yang digunakan dari Laboratorium Bahan Beton Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Objek dalam

penelitian ini adalah benda uji beton berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm, faktor air semen ditentukan sebesar 0,4 dan 0,5, bubuk kaca digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan persentase masing-masing 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Pengujian dibatasi pada umur 7, 21 dan 28 hari, benda uji akan direndam dengan air biasa dan air larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$) dengan kadar 5% dari berat air rendaman beton. Agregat halus dan kasar yang digunakan harus diuji karakteristiknya.

Mix Design yang digunakan metode ACI (*American Concrete Institute Standard 211.1*. campuran beton per 1 silinder beton yang digunakan tertera pada tabel 2:

Tabel 2. Campuran beton per 1 silinder

Campuran Beton	w/c= 0,4 (kg)	w/c= 0,5 (kg)
Semen	2,45	1,96
Air	0,94	0,92
Agregat halus	4,25	4,77
Agregat Kasar	5,07	5,07

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

Data hasil pengujian material agregat dapat dilihat pada tabel 3 :

Tabel 3. Hasil pengujian material

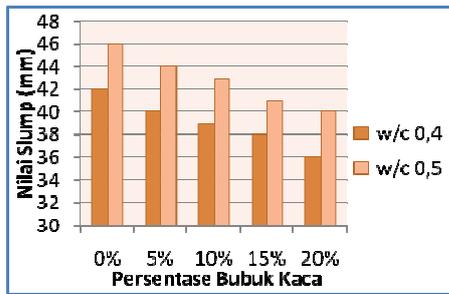
Jenis Tes	Agregat		
	Halus	Kasar	
Kadar Organik	No. 3	-	
Kadar Lumpur (%)	0,656	-	
Berat Volume (Kg/Lt)	Padat	1,73	1,525
	Gembur	1,45	1,384
Modulus Kehalusan	2,775	2,586	
Kadar Air (%)	5,856	0,627	
Apparent Specific Gravity	2,51	2,68	
Bulk Specific Gravity (Kering)	2,33	2,55	
Bulk Specific Gravity (SSD)	2,40	2,6	
Kadar Air SSD (%)	3,015	1,99	

Slump

Dari pengujian nilai *slump* yang dilakukan, didapat hasil nilai *slump* pada tabel 4:

Tabel 4. Data hasil pengujian slump.

Persentase Bubuk Kaca	Slump	
	w/c =0,4	w/c= 0,5
0%	42	46
5%	40	44
10%	39	43
15%	38	41
20%	36	40



Gambar 1. Grafik penurunan nilai *slump* untuk $w/c = 0,4$ dan $0,5$.

Dari gambar 1 diketahui bahwa semakin besar penambahan persentase bubuk kaca maka nilai *slump* semakin menurun. Nilai *slump* terbesar pada beton normal yaitu sebesar 42 mm untuk $w/c = 0,4$ dan 46 mm untuk $w/c = 0,5$. Sedangkan nilai *slump* terkecil terdapat pada penambahan bubuk kaca sebesar 20% yaitu 36 mm untuk $w/c = 0,4$ dan 40 mm untuk $w/c = 0,5$.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah ukuran maksimum beton menerima beban aksial. Kuat tekan beton yang direncanakan ditentukan dengan kuat tekan pada beton umur 28 hari. Dalam penelitian ini, setelah benda uji direndam selama 7, 21 dan 28 hari kemudian benda uji dites dengan alat uji tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

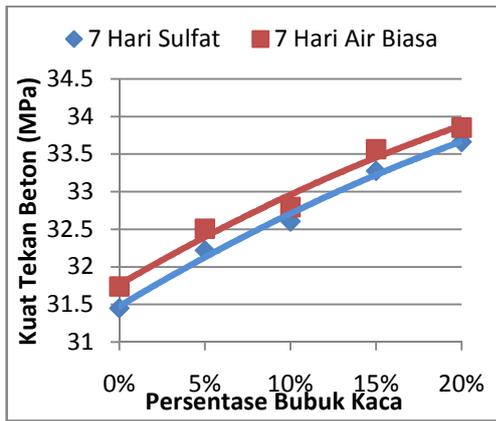
Berdasarkan tabel 5 dan 6, semakin besar persentase substitusi bubuk kaca sebagai agregat halus, semakin besar pula nilai kuat tekan beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton tertinggi baik yang direndam air biasa dan air larutan magnesium sulfat terdapat pada umur beton 28 hari dengan persentase substitusi bubuk kaca 20% sebagai pasir. Untuk $w/c = 0,4$ nilai kuat tekan beton tertinggi yang direndam air biasa dan air sulfat berturut-turut sebesar 44,72 MPa dan 43,85 MPa, sedangkan untuk $w/c = 0,5$ nilai kuat tekan beton tertinggi yang direndam air biasa dan air sulfat berturut-turut sebesar 37,80 MPa dan 36,45 MPa.

Tabel 5. Perbandingan nilai kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$) pada umur 7, 21 dan 28 hari dengan $w/c = 0,4$.

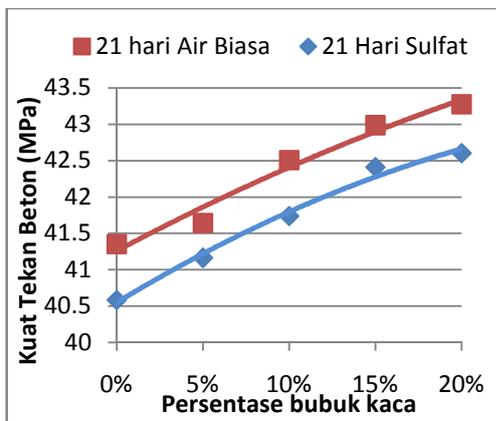
Variasi Beton	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 7 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 21 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 28 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat
	Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)		Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)		Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)	
	0%	31,74	31,45	0,918	41,35	40,59	1,850	43,37	42,32
5%	32,51	32,22	0,898	41,64	41,16	1,148	44,05	43,18	1,971
10%	32,8	32,60	0,602	42,51	41,74	1,813	44,43	43,37	2,377
15%	33,56	33,28	0,847	42,99	42,41	1,344	44,53	43,66	1,948
20%	33,85	33,66	0,560	43,28	42,60	1,560	44,72	43,85	1,934

Tabel 6. Perbandingan nilai kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$) pada umur 7, 21 dan 28 hari dengan $w/c = 0,5$.

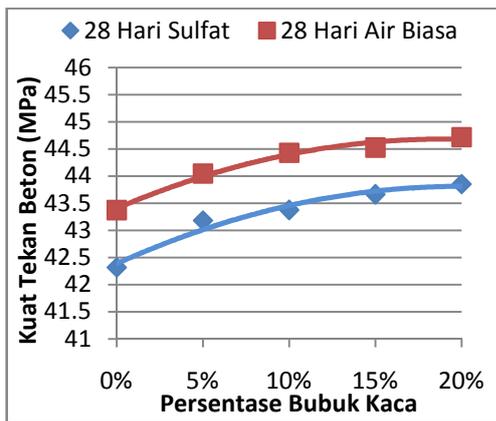
Variasi Beton	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 7 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 21 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat	Fc' Rata - Rata (MPa) Umur 28 Hari		Persentase Penurunan Kuat Tekan Beton Akibat Sulfat
	Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)		Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)		Direndam Air Biasa	Direndam Air Sulfat ($MgSO_4$)	
	0%	24,24	23,75	1,984	33,28	32,03	3,757	35,58	33,95
5%	25,00	24,62	1,538	33,76	32,70	3,134	36,35	34,72	4,497
10%	25,58	25,20	1,504	34,81	33,66	3,315	36,64	35,30	3,675
15%	25,87	25,49	1,487	35,87	34,72	3,217	37,60	35,97	4,348
20%	26,54	26,16	1,449	36,16	35,10	2,926	37,80	36,45	3,562



Gambar 2. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 7 hari dengan $w/c=0,4$.



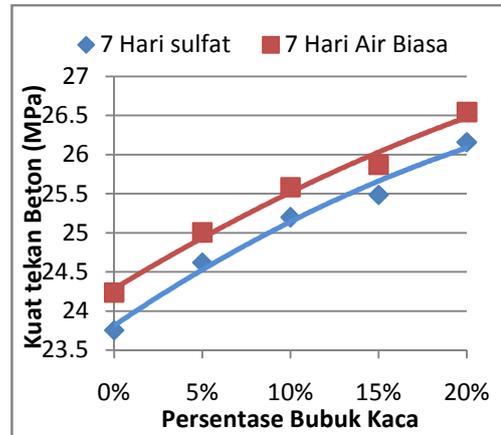
Gambar 3. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 21 hari dengan $w/c=0,4$.



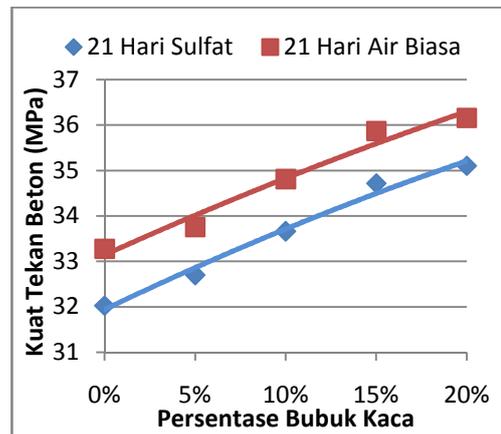
Gambar 4. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 28 hari dengan $w/c=0,4$.

Berdasarkan gambar 2, 3 dan 4 dapat diketahui bahwa besarnya kadar persentase bubuk kaca memberikan dampak terhadap serangan sulfat. Semakin besar persentase substitusi bubuk kaca terhadap pasir maka penurunan kuat tekan beton akibat sulfat makin kecil. Persentase penurunan kuat tekan beton akan semakin besar bila waktu perendaman semakin lama.

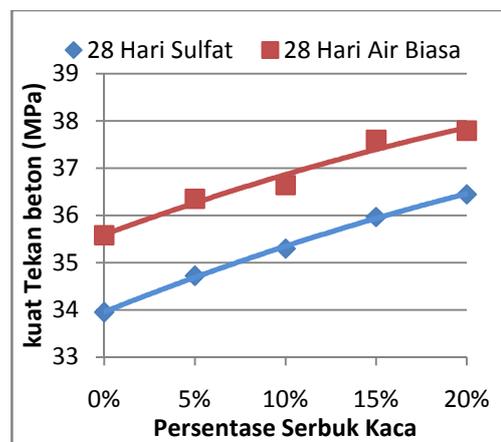
Persentase penurunan kuat tekan terbesar terjadi pada beton normal umur 28 hari sebesar 2,430%, sedangkan persentase penurunan kuat tekan terkecil terjadi pada variasi beton 20% pada umur 7 hari sebesar 0,560%.



Gambar 5. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 7 hari dengan $w/c=0,5$.



Gambar 6. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 21 hari dengan $w/c=0,5$.



Gambar 7. Perbandingan kuat tekan beton yang direndam air biasa dan air sulfat pada umur 28 hari dengan $w/c=0,5$.

Berdasarkan gambar 5, 6 dan 7, semakin besar persentase substitusi bubuk kaca terhadap pasir maka penurunan kuat tekan beton akibat sulfat makin kecil. Persentase penurunan kuat tekan beton akan semakin besar bila waktu perendaman semakin lama. Persentase penurunan kuat tekan terbesar terjadi pada beton normal umur 28 hari sebesar 4,595%, sedangkan persentase penurunan kuat tekan terkecil terjadi pada variasi beton 20% pada umur 7 hari sebesar 1,449%.

Berat beton

Sebelum benda uji di tes kuat tekannya, benda uji terlebih dahulu ditimbang. Hasil penimbangan benda uji tertera pada tabel 7.

Berdasarkan tabel 7 Berat beton paling ringan terletak pada persentase bubuk kaca sebesar 20% pada umur 7 hari. Sedangkan berat beton tertinggi terdapat pada beton normal dengan waktu uji 28 hari. Jadi beton akan semakin ringan jika kadar kaca meningkat.

Tabel 7. Hasil uji berat beton untuk $w/c = 0,4$ dan $0,5$ pada umur 7, 21 dan 28 hari.

Variasi Beton	Berat Beton $w/c = 0,4$			Berat Beton $w/c = 0,5$		
	7 Hari	21 Hari	28 Hari	7 Hari	21 Hari	28 Hari
0%	13184,67	13232,67	13248,67	13070,67	13124,33	13151,00
5%	13174,00	13225,00	13235,67	13061,67	13113,33	13128,00
10%	13166,67	13212,67	13227,00	13046,00	13098,00	13115,67
15%	13162,00	13194,00	13206,67	13041,00	13087,67	13097,33
20%	13151,00	13185,33	13196,67	13031,33	13070,00	13085,00

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Nilai slump beton mengalami penurunan seiring dengan penambahan persentase bubuk kaca. Nilai slump tertinggi untuk $w/c = 0,4$ dan $0,5$ terdapat pada beton normal sedangkan nilai slump terendah terdapat pada beton dengan persentase bubuk kaca pengganti agregat halus 20%.
2. Persentase penurunan kuat tekan beton akibat sulfat akan semakin kecil jika kadar kaca pengganti pasir semakin besar. Persentase penurunan kuat tekan terkecil terdapat pada beton dengan kadar kaca 20%, untuk $w/c = 0,4$ pada umur 7 hari sebesar 0,568% sedangkan $w/c = 0,5$ pada umur 7 hari sebesar 1,449%.
3. Nilai kuat tekan beton meningkat seiring penambahan bubuk kaca. Kuat tekan beton terbesar terdapat pada kadar kaca 20% pada umur 28 hari untuk $w/c = 0,4$ sebesar 44,72 MPa dan $w/c = 0,5$ sebesar 37,79 MPa.
4. Berat beton berkurang seiring dengan penambahan persentase bubuk kaca sebagai pengganti agregat halus. Berat beton tertinggi terdapat pada beton normal pada umur 28 hari, sedangkan berat beton terendah terdapat pada variasi beton 20% umur 7 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH: terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Gunawan Tanzil, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dengan memberikan penjelasan dan gambaran serta masukan dalam penyelesaian penelitian ini dan terima kasih kepada Laboratorium Bahan/Beton Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya sebagai tempat pelaksanaan penelitian serta kepada teman satu tim penelitian dan semua pihak yang telah banyak membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Bajad, M.N., 2011, *Effect Of Glass On Strength Of Concrete Subjected To Sulphate Attack*, *International Journal of Civil Engineering Research and Development (IJCERD)*, Vol 1, pp. 01-13.
- 2) Amir, Andriati, 2010, *Pengaruh Larutan Garam Sulfat Terhadap Kualitas Beton Ringan*, Pusat litbang Permukiman, Vol 5, pp. 78-84.
- 3) Putra, Dharma, 2006, *Penambahan Abu Sekam Pada Beton Dalam Mengantisipasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat Pada Air Laut*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol 10.
- 4) Tambunan, Junius Martin, 2012, *kajian Pengaruh Substitusi Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Superplasticizer dengan Perawatan*, Skripsi S1, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- 5) ACI (American Concrete Institute), *Recommended Practice for Selecting Proportions for Concrete*, ACI Standard 211.1-91.