

WATERGLASS SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN UNTUK MENAMBAH DAYA KEDAP AIR PADA BETON

Budi Setiawan¹, Adi Susanto.¹, Silviati²

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

ABSTRAK

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah yang tengah dikembangkan saat ini salah satunya adalah waterglass. Waterglass dengan reaksi kimia Na_2SiO_3 adalah salah satu bahan yang digunakan dalam campuran semen dan tekstil, merupakan material yang dapat memberikan perlindungan terhadap api. Waterglass dikenal sebagai air bening (waterglass) atau larutan bening (liquidglass). Waterglass, berwarna putih dengan bentuk padat, dapat larut dalam air (menghasilkan larutan alkali). Waterglass bersifat stabil, baik dalam bentuk biasa maupun larutan alkali.

Dalam penelitian ini, penambahan *waterglass* sebesar 1% dan 2% terhadap berat semen dalam campuran beton normal umur K-225, dapat meningkatkan kuat tekan beton. normal umur 28 hari sebesar $241,6 \text{ kg/cm}^2$ atau naik sebanyak 7,38% dari mutu rencana K-225. Pada campuran yang ditambahkan 1% *waterglass* terhadap berat semen memiliki kuat tekan sebesar $253,0 \text{ kg/cm}^2$ atau naik 12,44% dan pada 2% sebesar $255,4 \text{ kg/cm}^2$ atau naik 13,51% dengan mutu rencana yang sama.

Penambahan waterglass sebanyak 2% terhadap berat semen memiliki kedap air yang lebih baik dari pada beton normal yaitu sebesar $4,212^{-12} \text{ cm/detik}$, sedang pada beton normal didapat nilai porositas/kekedapan sebesar $5,133^{-12} \text{ cm/detik}$. Artinya, beton dengan penambahan waterglass sebanyak 2% lebih kedap 17,95% dari pada beton tanpa campuran waterglass dengan mutu rencana yang sama dan tidak berpengaruh buruk terhadap workability, durability, dan strength beton serta dapat membuat beton kedap terhadap air dengan baik.

Kata kunci : Mutu, Beton, waterglass

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Pembangunan dibidang struktur saat ini mengalami kemajuan yang demikian pesat, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan sarana yang menunjang aktivitas seperti perkantoran, jalan, jembatan, tempat tinggal, dan sarana lainnya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam pembangunan ini.

Beton merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan antara lain, mudah dikerjakan dengan cara mencampur semen, agregat, air dan bahan tambahan lain bila diperlukan dengan perbandingan tertentu. Kelebihan beton yang

¹ Alumni Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

² Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

lain adalah ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar lokal yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, kuat terhadap tekan dengan baik, tahan aus, rapat air, dan mudah perawatannya. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diolah (*workability*), mempunyai keawetan (*durability*), dan kekuatan (*strength*) yang diperlukan dalam suatu konstruksi.

Dewasa ini sedang berkembang penggunaan berbagai macam additive (bahan tambah) dan modifier (bahan pengganti) untuk meningkatkan mutu beton yang akan dipergunakan pada suatu konstruksi, mulai dari yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada adukan beton. Hal ini seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan konstruksi beton yang bermutu tinggi sekaligus ekonomis.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah yang tengah dikembangkan saat ini salah satunya adalah *waterglass*. *Waterglass* dengan reaksi kimia Na_2SiO_3 adalah salah satu bahan yang digunakan dalam campuran semen dan tekstil, merupakan material yang dapat memberikan perlindungan terhadap api. *Waterglass* dikenal sebagai air bening (*waterglass*) atau larutan bening (*liquidglass*). *Waterglass*, berwarna putih dengan bentuk padat, dapat larut dalam air (menghasilkan larutan alkali). *Waterglass* bersifat stabil, baik dalam bentuk biasa maupun larutan alkali. *Waterglass* merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang sering digunakan di dalam industri kimia, hal ini dikarenakan proses produksi yang lebih sederhana maka sejak tahun 1818 *waterglass* berkembang cepat. Zat kimia ini dapat dibuat dengan dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Pada proses kering, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium carbonate (Na_2CO_3) atau dengan potassium carbonate (K_2CO_3) pada temperatur 1100 - 1200°C. Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (*cullets*) yang dilarutkan ke dalam air dengan tekanan tinggi menjadi cairan bening dan agak kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium hydroxide (NaOH) melalui proses filtrasi akan menghasilkan *waterglass* murni. Berat jenis *waterglass* 2,4. (www.en.wikipedia.org).

Waterglass banyak digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan keramik karena memiliki berat jenis yang tinggi dan merupakan bahan bangunan yang kuat, ringan, serta tahan terhadap erosi asam dan air laut

Dalam penelitian ini, penambahan *waterglass* sebagai bahan tambah dalam campuran adukan beton, diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton dan tidak berpengaruh buruk terhadap *workability*, *durability*, dan *strength* beton serta dapat membuat beton kedap terhadap air dengan baik.

Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Apakah penambahan *waterglass* sebagai zat aditif dalam beton akan mempengaruhi nilai *slump* beton?
2. Seberapa besar pengaruh penambahan *waterglass* terhadap nilai kuat tekan beton yang dihasilkan?
3. Apakah penambahan *waterglass* juga mempengaruhi kedap beton terhadap zat cair (air)?

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh penambahan *waterglass* sebagai zat aditif terhadap nilai *slump* beton.
2. Untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh penambahan *waterglass* sebagai zat aditif terhadap kuat tekan beton.
3. Untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh penambahan *waterglass* sebagai zat aditif terhadap porositas beton.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat aditif jenis *waterglass* terhadap campuran beton.
2. Dapat memberikan solusi alternative penggunaan zat aditif dalam suatu konstruksi beton yang berkebutuhan khusus.
3. Dapat memberikan solusi perbaikan mutu beton sehingga mampu memenuhi kebutuhan terhadap beton yang memiliki sifat khusus.

Batasan Masalah

Kajian yang bersifat laboratorium ini akan dibatasi pada:

1. Mencari besaran optimum kuat tekan pada campuran beton dengan penambahan *waterglass* sebagai zat aditif dengan melakukan pengujian standar seperti:
 - a. Pengujian fisik agregat
 - b. *Mix design*
 - c. Pengujian kekentalan beton (*slump*)
 - d. Pengujian kuat tekan beton
2. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dengan komposisi penambahan zat aditif jenis *waterglass* masing-masing 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% terhadap berat semen.
3. Pengujian porositas beton untuk mengetahui kekedapan beton terhadap air. Pengujian ini dilakukan pada beton normal (tanpa campuran *waterglass*) dan pada campuran dengan *waterglass* yang memiliki nilai kuat tekan optimum.
4. Mutu beton yang akan diuji (beton normal) dan atau akan dicapai dengan penambahan zat aditif *waterglass* adalah mutu beton K-225.
5. Bahan pembuat beton: Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pasir Galunggung dan Kerikil Kuningan, dibeli dari penjual yang beralamat di Jalan Cut Mutia Bekasi (samping Bank Bukopin – Kampus Universitas Islam “45” Bekasi). Semen yang digunakan tipe 1, merk Tiga Roda buatan *Indocement*.
6. *Waterglass* yang dipakai adalah *waterglass* yang dijual bebas ditoko kimia, berwarna bening, kental, dan bersifat sebagai perekat.
7. Kajian ini tidak sampai melakukan analisa anggaran biaya dalam aplikasi dilapangan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai adalah Metode Standart Penelitian Departemen Pekerjaan Umum dan ASTM (American Standart For Testing and Materials) dari pengujian bahan-bahan pokok yang digunakan untuk campuran beton baik dari sifat-sifat bahan maupun kandungan lumpurnya (hanya untuk pasir dan split). Pengetesan beton segar berupa *slump test*, test kekuatan tekan, dengan menggunakan alat mesin *Crushing*. Dilaksanakan di laboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan PU & Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Balai Irigasi yang beralamat di Jl. Cut Mutiah Kotak Pos 147 Bekasi 17113.

PEMBAHASAN

Menurut Tjokrodimulyo (1992), beton merupakan suatu bahan yang komposit (campuran) dari beberapa material yang bahan utamanya terdiri medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam *Penelitian Campuran Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Waterglass* sebagai berikut ini :

1. Penelitian dilakukan di Laboraturium Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Balai Irigasi, Bekasi.
2. Mutu rencana Beton K – 225.
3. Bahan yang digunakan berupa agregat halus dari Galunggung, agregat kasar dari Purwakarta, *filler* berupa semen produksi PT. Indocement, dan zat tambah jenis *watreglass* yang dijual bebas di toko kimia.
4. Dosis penambahan *watreglass* sebesar 1%,2%,3%, dan 4% terhadap berat semen.
5. Penelitian dilakukan dengan cara menguji bahan material, *mix design*, dan membuat benda uji sesuai dengan rencana campuran yang telah ditentukan, kemudian *sample* diuji berdasarkan umur perawatan benda uji (7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari) dengan cara tekan.
6. Pengujian porositas dilakukan pada benda uji tanpa campuran zat aditif jenis *watreglass* dan benda uji dengan penambahan *watreglass* yang memiliki kuat tekan optimum pada umur 28 hari.

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian di Laboraturium ini, direncanakan beberapa tahapan kerja, yaitu :

1. Tahapan pertama : Penelitian terhadap bahan dasar pembentuk beton. Tujuannya untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan-bahan tersebut.
2. Tahap kedua : Perhitungan perencanaan campuran beton, pencampuran beton, pengujian *slump*, pembuatan benda uji silinder, serta perawatan benda uji selama proses pengikatan awal.
3. Tahap ketiga : Pengujian kuat tekan benda uji yang berbentuk silinder dan pengujian porositas benda uji.
4. Tahap keempat : Menganalisa data hasil pengujian benda uji dan membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

Pengujian Material dan Sifat Mekanik Beton

1. Pengujian Agregat Halus
Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (pasir) (SNI 1968:2008 atau JIS A. 1102-1976)

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus (pasir). Dimana gradasi tersebut akan ditentukan oleh saringan yang sudah ditentukan.

A. Data dan Analisa Hasil Pengujian Agregat

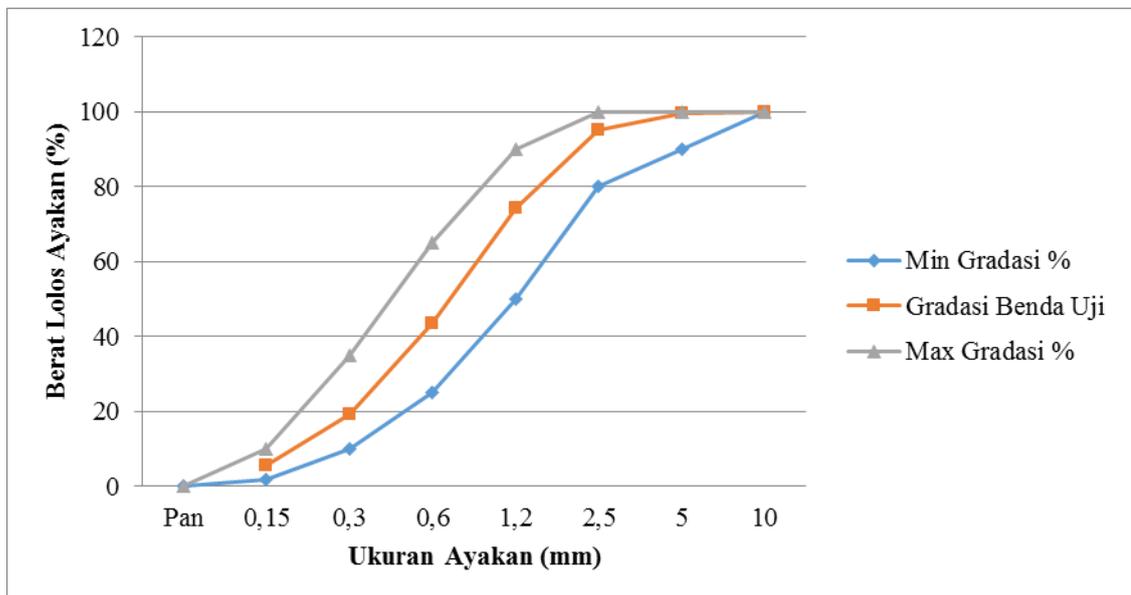
Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus
Data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Data dari pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Nama : TIM				Tanggal : 21 Maret 2013			
Temperatur : Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,						Kelembaban : 92 %	
Contoh : Pasir Galungan							
Lolos Ayakan (mm)	Batasan Agregat maks / Min		Jumlah Berat Sisa di ayakan		Berat sisa masing-masing di ayakan		Berat lolos (%)
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	
10	100	100	0	0	0	0	100
5	90	100	2.5	0.39	2.5	0.34	99.66
2.5	80	100	35.5	4.78	34	4.44	99.22
1.2	50	90	189.7	25.51	154.12	20.73	74.49
0.6	25	65	420	56.47	230.3	30.96	43.53
0.3	10	35	599.1	80.55	179.1	24.08	19.45
0.15	2	10	702.2	94.41	103.1	13.86	5.59
Pan	0	0	743.8	0	41.6	5.59	0
Jumlah	357	500	2692.8	262.11	743.8	100	441.94
Modus Kehalusan (FM)		262,06 / 100 = 2,621					

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

B. Analisa hasil pengujian saringan agregat halus

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus adalah untuk menentukan gradasi agregat halus. Pada Tabel 1 didapat modulus kehalusan agregat halus sebesar 2,63%, sementara modulus kehalusan yang disyaratkan dalam SNI 1968:2008 atau JIS A. 1102-1976 adalah antara 2,3% - 3,1%. Selain itu, pada Grafik 1 terlihat persentase berat lolos agregat halus berada di antara batas

minimum dan maksimum. Artinya, agregat halus yang berasal dari Galunggung ini memenuhi syarat untuk dijadikan bahan dalam penelitian ini.

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

- A. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus Data dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Nama	: Tim Sipil Borobudur	Tanggal : 21 Maret 2013	
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,	Kelembaban : 92 %	
Contoh	: Pasir Galungan		
Nomor Pemeriksaan		1	2
1) Nomor <i>Picnometer</i>		3	4
2) Berat <i>Picnometer</i>		182.4	186.7
3) Berat Contoh (g)		500	500
4) Berat (Picnometer + contoh + air) (g)		987.6	992.4
5) Berat Air (g)		305.2	305.7
6) Berat Jenis = $\frac{500}{500 - (5)}$		2.5667	2.5733
7) Perbedaan Hasil		0.006	
8) Hasil Rata - Rata (g)		2.57	
9) Berat Contoh Sesudah Kering		478.2	478.8
10) Penyerapan = $\frac{500 - (9)}{(9)} \times 100 \%$ (%)		4.56	4.43
11) Perbedaan Hasil (%)		0.13	
12) Hasil Rata - Rata (%)		4.495	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013

- B. Analisa hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus didapat berat jenis agregat halus yang berasal dari Galunggung ini sebesar 2,57 dan untuk penyerapannya sebesar 4,49%, sementara itu berat jenis yang disyaratkan dalam SNI 1970:2008 atau JIS A. 1109-1951 untuk agregat halus yang baik minimal 2,50 dan penyerapannya tidak boleh lebih dari 5%. Artinya, agregat halus yang berasal dari Galunggung ini memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campuran beton dalam penelitian ini.

Hasil Pengujian Kadar Lumpur/Lolos Saringan 0,075 mm

- A Data hasil pengujian kadar lumpur atau bahan lolos saringan 0,07 5 mm agregat halus

Data dari pengujian kadar lumpur atau bahan lolos saringan 0,075 mm untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Nama	: Tim	Tanggal : 21 - 22 Maret 2013	
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,	Kelembaban : 92 %	
Contoh	: Pasir Galungan		
Nomor Pemeriksaan		1	
1) Berat Contoh Kering Sebelum di Cuci	(g)	500	
2) Berat Contoh Kering Sesudah di Cuci	(g)	48.6	
3) Berat Yang Hilang	(g)	13.4	
Presentasi bahan lolos			
4)	$= \frac{(1) - (2)}{(1)} \times 100 \%$	(%)	2.68
5) Hasil Rata - Rata	(%)		

Catatan : Berat Saringan 200 → 344,6

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013

B. Analisa hasil pengujian kadar lumpur atau bahan lolos saringan 0,075 mm

Dari hasil pengujian kadar lumpur atau bahan lolos saringan 0,075 mm yang terdapat dalam Tabel 3, kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang berasal dari Galunggung ini sebesar 2,68%. Sementara itu, kadar lumpur yang disyaratkan dalam SNI 4142:2008 atau JIS A. 1103-1964 untuk agregat halus yang baik, yaitu kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5%. Artinya, agregat halus dari Galunggung ini memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campur dalam penelitian beton ini.

Agregat Kasar

Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

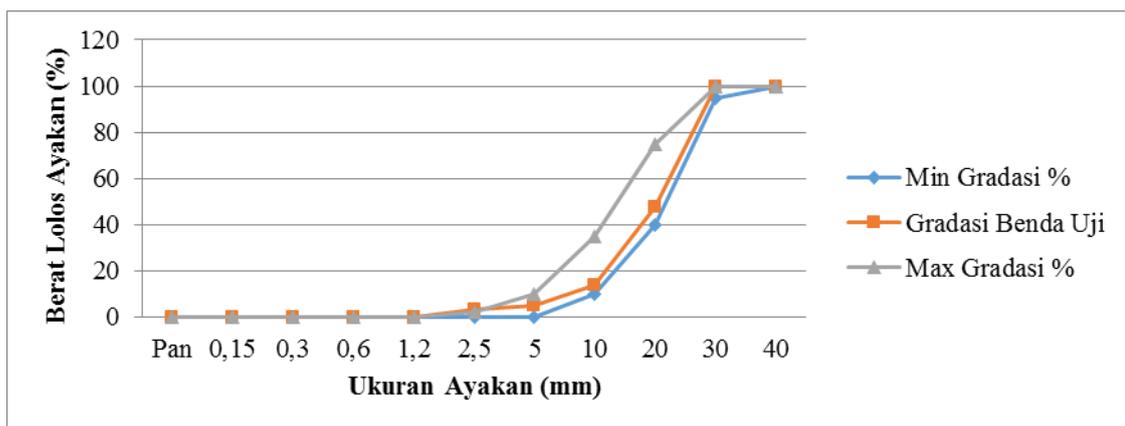
A. Data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

Data dari pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Nama	: Tim		Tanggal : 21 Maret 2013				
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,		Kelembaban : 92 %				
Contoh	: Pasir Galungan						
Lolos Ayakan (mm)	Batasan Agregat maks / Min		Jumlah Berat Sisa di ayakan		Berat sisa masing-masing di ayakan		Berat lolos (%)
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	
40	100	100	-	-	-	-	100
30	95	100	-	-	-	-	100
20	40	75	8,665	53	8,665	52.51	47.49
10	10	35	14,406	86	5,541	33.58	13.91
5	-	10	15,862	95	1,456	8.82	5.09
2.5	-	5	16,148	97	286	1.73	3.36
1.2				100			
0.6				100			
0.3				100			
Pan			16,703	-	555	3.36	-
Jumlah					16,503	100	
Modus Kehalusan (FM)		630,15 / 100 = 6,3					

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

B Analisa hasil pengujian saringan agregat kasar

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat kasar adalah untuk rrientukan gradasi agregat kasar. Pada Tabel 4.4 didapat modulus kehalusan agregat kasar sebesar 6,3, sementara modulus kehalusan yang diisyaratkan dalam SNI 1968:2008 atau JIS A. 1102-1953 adalah antara 6 - 8. Selain itu, pada Grafik 4.2 terlihat persentase berat lolos agregat kasar berada di antara batas minimum dan maksimum. Artinya, agregat kasar yang berasal dari Kuningan ini memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campuran beton dalam penelitian ini

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

A. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar Data dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel .5 berikut ini:

Tabel 5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Nama	: Tim	Tanggal : 21 - 22 Maret 2013	
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,	Kelembaban : 92 %	
Contoh	: Agregat Kasar Kuningan		
Nomor Pemeriksaan		1	2
1) Berat Contoh SSD	(g)	5108	5160
2) Berat Dalam Air (Contoh + Keranjang)	(g)	3541	3576
3) Berat Dalam Air (Keranjang)	(g)	387.5	388
4) Berat Dalam air (Contoh)	(g)	3153.5	3188
5) Berat Jenis = $\frac{(1)}{(1) - (4)}$		2.6135	2.6167
7) Perbedaan Hasil		0.0032	
8) Hasil Rata - Rata	(g)	2.6151	
9) Berat Contoh Sesudah Kering Oven		4980	5027
10) Penyerapan = $\frac{(1) - (8)}{(8)} \times 100 \%$	(%)	2.5703	2.6457
11) Perbedaan Hasil	(%)	0.0754	
12) Hasil Rata - Rata	(%)	2.608	

Catatan :

Berat Keranjang di udara 438 Gram (1)

Berat Keranjang di udara 441 Gram (2)

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2011

B. Analisa hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapat berat jenis agregat kasar yang berasal dari Kuningan ini sebesar 2,61 dan untuk penyerapannya sebesar 2,60 %, sementara itu berat jenis yang disyaratkan dalam SNI 1969:2008 atau JIS A. 111-1951 untuk agregat kasar yang baik minimal 2,6 dan penyerapannya tidak boleh lebih dari 3%. Artinya, agregat kasar yang berasal dari Kuningan ini memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campuran beton yang akan dijadikan penelitian ini.

Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

A. Data hasil pengujian keausan agregat kasar

Data dari pengujian keausan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini

Tabel 6 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Nama	: Tim	Tanggal : 22 Maret 2013	
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,	Kelembaban : 92 %	
Contoh	: Agregat Kasar Kuningan		
Nomor Pemeriksaan		1	2
1) Jenis Tipe dari Contoh	(g)	5000	5000
2) Jumlah Berat Contoh Sebelum Diuji	(g)	3800	3800
3) Jumlah Berat Contoh Sesudah Diuji	(g)		
Keausan Pada Agregat			
4)	$= \frac{(2) - (3)}{(2)} \times 100 \%$	(%)	24
5) Hasil Rata - Rata	(%)	24	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2013

B. Analisa hasil pengujian keausan agregat kasar

Dari hasil pengujian keausan agregat kasar dalam Tabel 4.6, keausan agregat kasar sebesar 24%. Sementara itu, keausan yang disyaratkan untuk konstruksi beton dalam SNI 2417:2008 atau JIS A. 1121-1954 untuk agregat kasar yang baik, yaitu maksimum 45%. Artinya, agregat kasar memenuhi syarat untuk dijadikan bahan campur dalam penelitian beton.

Kesimpulan Hasil Keseluruhan Pengujian Material

Dari hasil pengujian material di laboratorium beton Balai Irigasi dapat disimpulkan seperti dalam tabel 7 berikut ini:

Tabel 7 Kesimpulan Hasil Keseluruhan Pengujian Material

Jensi Penelitian	Hasil (%)	Ketentuan (%)	Memenuhi Standar
Analisa Saringan Agregat Halus	2.6	2,3 - 3,1	Ya
Berat Jenis Agregat Halus	2.6	≥ 2,5	Ya
Penyerapan Agregat Halus	4.5	≤ 5,0	Ya
Kadar Lumpur Agregat Halus	2.7	≤ 5,0	Ya
Analisa Saringan Agregat Kasar	6.3	6,0 - 8,0	Ya
Berat Jenis Agregat Kasar	2.6	≥ 2,5	Ya
Penyerapan Agregat Kasar	2.6	≤ 3,0	Ya
Keausan Agregat Kasar	24.0	≤ 45	Ya

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2013

Perhitungan Perbandingan Campuran Beton (Mix Design)

1. Kuat Tekan Beton
 - a. Kuat tekan beton yang direncanakan = 225 Kg / cm²
 - b. Angka keamanan yang diambil = 15 %
 - c. Kuat tekan beton yang harus dicapai = 225 Kg / cm²
 - d. Maksimum Agregat Kasar = 30 mm
 - e. Kekentalan beton (slump) = 12 cm
2. Data dari bahan :
 - a. *Portland Cement*
 - 1) Merk Semen = Tiga Roda
 - 2) Buatan Pabrik = Indocement
 - 3) Semen Tipe = Tipe 1
 - 4) Berat Jenis = 3,12
 - 5) Data lain yang diperlukan =
 - b. Air
 - 1) Air Bersih Dari = Setempat
 - 2) Warna Air = Jernih
 - 3) Data lain yang diperlukan =
 - c. Agregat Halus (Pasir) =
 - 1) Pasir di ambil dari = Tasik, Gunung Galunggung
 - 2) Jenis Pasir = Alami
 - 3) Berat Jenis = 2,57
 - 4) Penyerapan = 4,5 %
 - 5) FM (Modulus Kehalusan) = 2,62
 - 6) Data lain yang diperlukan =
 - d. Agregat Kasar (Koril / Kerikil)
 - 1) Koril diambil dari = Kuningan
 - 2) Jenis Koril = Batu Pecah / Split
 - 3) Berat Jenis = 2,61
 - 4) Penyerapan = 2,61 %
 - 5) Data lain yang diperlukan =
- e. Standar penyesuaian terhadap kondisi yang berbeda

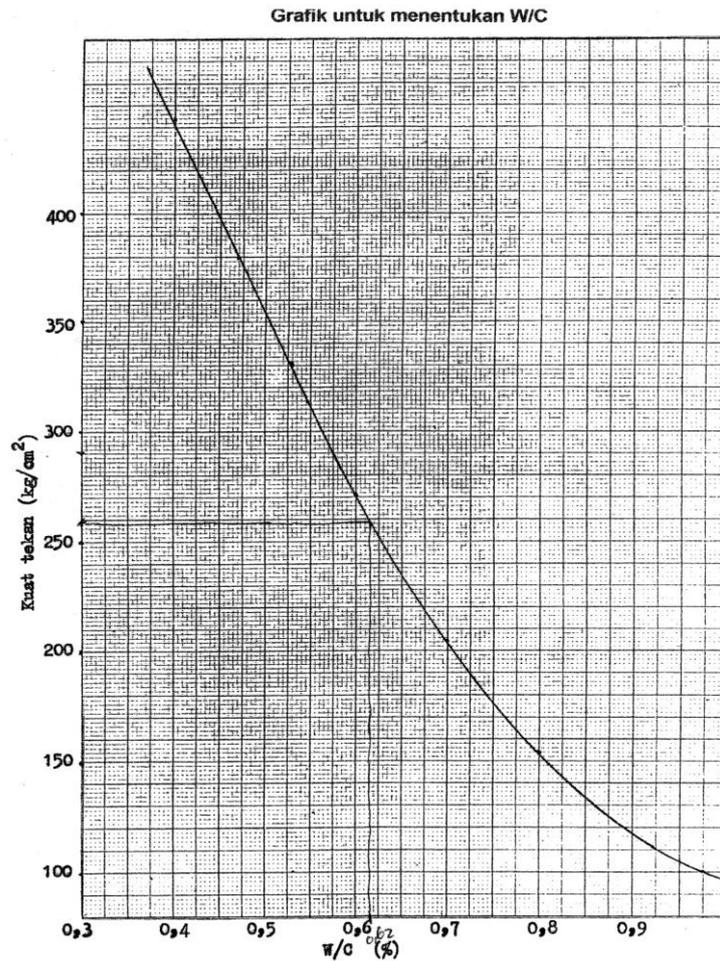
Tabel 8 Standar Penyesuaian Terhadap Kondisi Yang Berbeda

Pada Kondisi yang berbeda	Penyesuaian Terhadap	
	S/A (%)	Air (%)
FM Berubah ± 0,2	± 0,5	-
Slump berubah ± 1 cm	0	± 1,2 %
Udara berubah ±	-1,5	-3%
W/C rasio berubah ± 0,5	± 1	-
Pasir dari batu pecah / buatan	+ 2 - 3	+ 6 - 9
Koril Batu pecah / Split	+ 3 - 5	+ 9 - 15
S/A berubah ± 1 %	-	± 1,5

Sumber : Japanese Industrial Standar, 2002

3. Faktor Air Semen (W / C)

W / C diambil sesuai dengan mutu (K) beton yang direncanakan yaitu K-225 0.68 untuk lebih jelas lihat pada grafik berikut ini :



Gambar 3 Grafik Untuk Menentukan W / C dengan metode JIS

4. Pasir per jumlah agregat (S / A) dan jumlah penggunaan air
 - a. Untuk menentukan S/A dan jumlah penggunaan air sesuai dengan maksimum ukuran agregatnya (lihat tabel di bawah ini).

Tabel 9 Standar untuk Pedoman Dalam Perencanaan Campuran Beton

W / C = 0,55			Slump = 8 cm			FM = 2,8			
Maks	Beton Biasa		Beton AEA			Beton WRA			
Agg (mm)	Udara (%)	S / A (%)	Air (Kg)	Udara (%)	S / A (%)	Air (Kg)	Udara (%)	S / A (%)	Air (Kg)
15	2,5	49	190	7,0	46	170	7,0	47	160
20	2,0	45	185	6,0	42	165	6,0	43	155
30	1,5	41	175	5,0	37	155	5,0	38	145
40	1,2	36	165	4,0	33	145	4,0	34	135
60	1,0	33	153	4,0	30	135	4,0	31	125
80	0,5	31	140	3,0	28	120	3,5	29	110
100	0,2	26	128	3,0	24	110	3,0	24	92

Sumber : *Japanese Industrial Standar, 2002*

Sehingga di dapat nilai

1. S / A = 41 %

2. Air = 175 Kg

b. Penyesuaian Terhadap S / A dan Penggunaan Air

Tabel 10 Penyesuaian terhadap S / A dan Penggunaan Air

Jenis Penyesuaian	Kondisi Standar	Kondisi Rencana	Penyesuaian S / A (%)	Penyesuaian Air (Kg)
FM Pasir	2,8	2,76	$\frac{2,62 - 2,8}{0,1} \times 0,5 = - 0,9$	-
Slump	8	12	-	$\frac{12 - 8}{1} \times 1,2 = 4,8 \%$ $4,8 \% \times 1,75 = 8,4$
Udara (a)	15%	15%	-	-
W/C Rasio	55%	62%	$(0,62 - 0,55) \times 1 = 0,07$	-
Pasir	Alami	Alami	-	-
Koral	Alami	Crushing	+ 4	+ 12
S / A	41%	45,5	-	$\frac{45,5 - 41}{1} \times 1,5 = 8,25 \%$
Jumlah Hasil Penyesuaian			+ 4,5	+ 27,15
Penyesuaian S / A dan Air			41 + 4,5 = 45,5	175 + 27,15 = 202,15

5. Menghitung jumlah air
 Berat air (WW) = 202,15 Kg
 Volume air (VW) = $\frac{WW}{GW \times 1000} = \frac{202,15}{1 \times 1000} = 0,20215 \text{ m}^3$
6. Menghitung berat semen
 Berat semen (WC) = $\frac{WW}{W / C} = \frac{202,15}{0,62} = 326,05 \text{ Kg}$
 Volume semen (VC) = $\frac{WC}{Gc \times 1000} = \frac{326,05}{3,12 \times 1000} = 0,10450 \text{ m}^3$
7. Menghitung volume udara
 Volume Udara (Va) = $\frac{a}{100} = \frac{1,5}{100} = 0,01500 \text{ m}^3$
 Jumlah Volume Pasta (ΣV) = $VW + VC + Va = 0,32165 \text{ m}^3$
 $0,20215 + 0,10450 + 0,01500$
 Volume Agregat (VA) = $1 - \Sigma V = 1 - 0,32165 \text{ m}^3 = 0,67835 \text{ m}^3$
8. Menghitung berat pasir
 Volume Pasir (VS) = $\frac{(S/A \times VA)}{100} = \frac{45,5 \times 0,67835}{100} = 0,30865 \text{ m}^3$
 Berat Pasir (WS) = $VS \times Gs \times 1000 = 0,30865 \times 2,57 \times 1000 = 793,23 \text{ Kg}$

9. Menghitung Berat Koral
 Volume Koral (VG) = $VA - VS = m^3$
 $= 0,67835 - 0,30865 = 0,36970 m^3$
 Berat Koral (WG) = $VG \times Gg \times 1000 = \text{Kg}$
 $= 0,36970 \times 2,61 \times 1000 = 964,92 \text{ Kg}$
10. Menentukan Proporsi Campuran Beton

Tabel .11 Proporsi Campuran Beton

Beton (1 m ³)	Maks Angg (mm)	Slump (cm)	Udara (%)	Air (Kg)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)
Lab	30	12	1,5	202,15	326,05	793,23	964,92

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2011

Hasil Pengujian Kekentalan (*Slump*) Beton

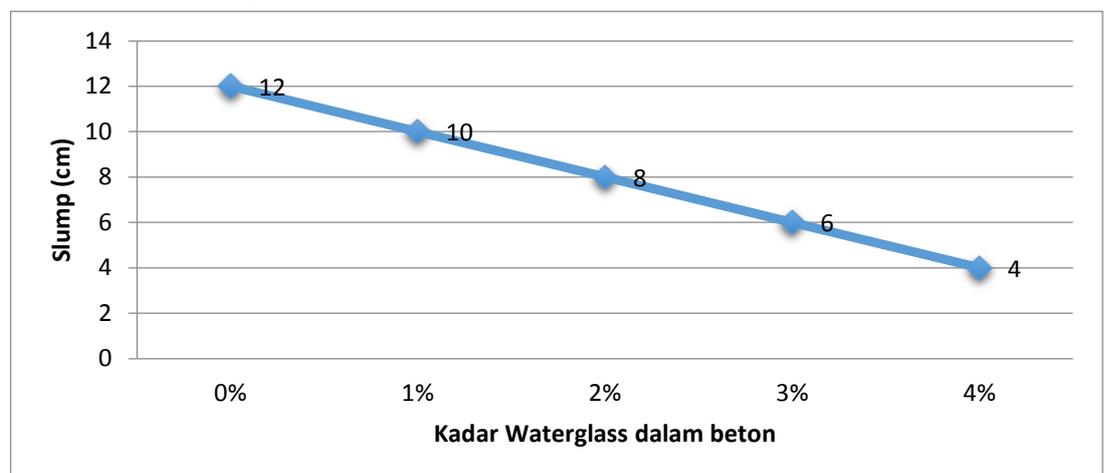
A. Data hasil pengujian kekentalan (*slump*) beton

Dalam penelitian ini, penulis juga membandingkan pengaruh penambahan zat aditif jenis *Waterglass* ini terhadap nilai *slump* beton yang dihasilkan. Data dari pengamatan pengujian *slump* beton dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini:

Tabel 12. Pengaruh *Waterglass* Terhadap *Slump* Beton

Penambahan <i>Waterglass</i> dalam Beton (%)	<i>Slump</i> Rencana (cm)	<i>Slump</i> yang didapat (cm)	Persentase <i>Slump</i> (%)
0	12	12	0
1	12	10	-16,67
2	12	8	-33,33
3	12	6	-50,00
4	12	4	-66,67

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 4. Grafik Nilai *Slump* Beton dengan Penambahan *Waterglass*

B. Analisa hasil pengujian *slump* beton

Dari hasil pengamatan nilai *slump* beton, semakin besar persentase penambahan *waterglass* terhadap berat semen ke dalam campuran beton, nilai *slump* beton semakin berkurang. Sehingga campuran beton semakin cepat mengental dan mengering, hal ini membuat kesulitan pada saat pengerjaan pengadukan, penuangan, dan pemadatan beton.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

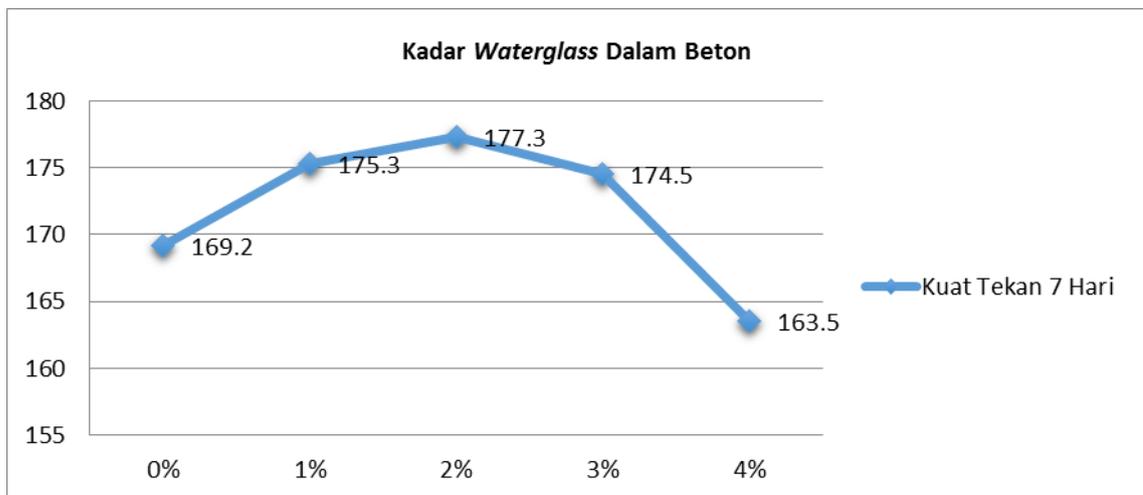
Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari

- A. Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur perawatan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini:

Tabel 13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk 7 hari

Penambahan <i>Waterglass</i>	Tanggal		<i>Slump</i> (cm)	Umur (hari)	Kuat Tekan		Rata-rata (Kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian			Ton	Kg / cm ²	
0%	3/23/2011	3/30/2011	12	7	30.2	170.9	169.2
					29.5	166.9	
					30.0	169.8	
1%	3/23/2011	3/30/2011	10	7	31.1	176.0	175.3
					30.0	169.8	
					31.8	180.0	
2%	3/24/2011	3/31/2011	8	7	31.8	180.0	177.3
					30.6	173.2	
					31.6	178.8	
3%	3/24/2011	3/31/2011	6	7	30.8	174.3	174.5
					30.2	170.9	
					31.5	178.3	
4%	3/25/2011	4/4/2011	4	7	29.8	168.6	163.5
					28.1	159.0	
					28.8	163.0	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

B .Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton umur 7 hari

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari yang terdapat dalam Tabel 2.13 dan Grafik 2.5 dapat disimpulkan, campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebanyak 2% terhadap berat semen memiliki kuat

tekan optimum dibanding campuran lain. Artinya, pada penambahan 2% *waterglass* dapat menambah kuat tekan beton.

Hasil Pengujian Beton Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

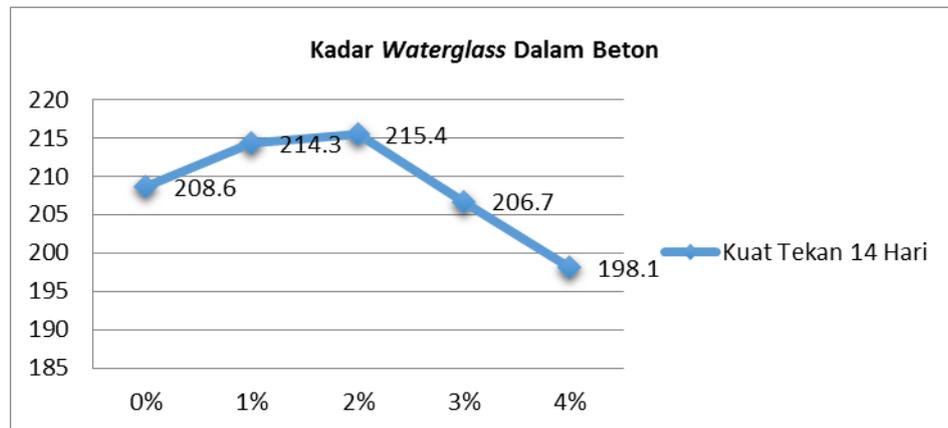
A. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur perawatan 14 hari. Dapat dilihat pada tabel 14 berikut ini :

Tabel 14. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk 14 hari

Penambahan <i>Waterglass</i>	Tanggal		<i>Slump</i> (cm)	Umur (hari)	Kuat Tekan		Rata-rata (Kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian			Ton	Kg / cm ²	
0%	3/23/2011	4/6/2011	12	14	37.5	21,2,2	208.6
					36.6	207.1	
					37.1	210.0	
1%	3/24/2011	4/6/2011	10	14	38.0	215.1	214.3
					37.9	214.5	
					37.7	213.4	
2%	3/24/2011	4/7/2011	8	14	37.6	212.8	215.4
					38.0	215.1	
					38.6	218.4	
3%	3/24/2011	4/7/2011	6	14	37.0	209.4	206.7
					36.0	203.7	
					36.6	207.1	
4%	3/25/2011	4/8/2011	4	14	34.0	192.4	198.1
					35.4	200.3	
					35.6	201.5	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 6. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

B. Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari yang terdapat dalam Tabel 14 dan grafik 4.6 dapat disimpulkan campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebanyak 2 % terdapat berat semen memiliki kuat tekan optimum dibanding campuran lain, yaitu 215,4 kg/cm².

Hasil Pengujian Beton Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

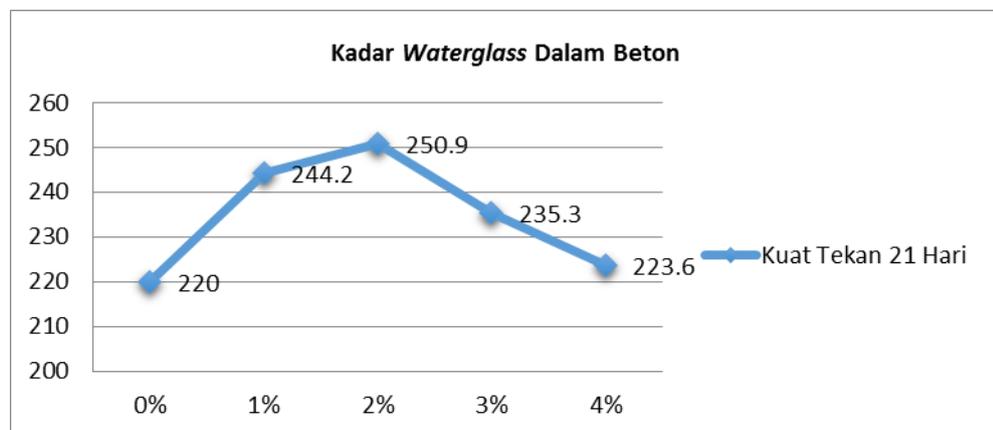
A. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 21 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur perawatan 21 hari. Dapat dilihat pada tabel 15 berikut ini :

Tabel 15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk 21 hari

Penambahan <i>Waterglass</i>	Tanggal		<i>Slump</i> (cm)	Umur (hari)	Kuat Tekan		Rata-rata (Kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian			Ton	Kg / cm ²	
0%	3/23/2011	4/13/2014	12	21	37.1 40.0 39.0	210.5 235.1 214.4	220.0
1%	3/23/2011	4/13/2014	10	21	40.3 41.6 40.2	249.1 250.4 230.0	244.2
2%	3/24/2011	4/14/2014	8	21	41.6 41.1 39.5	248.7 256.1 248.1	250.9
3%	3/24/2011	4/14/2014	6	21	38.1 39.5 39.4	210.5 250.1 235.4	235.3
4%	3/25/2011	4/15/2014	4	21	38.0 37.2 30.2	220.5 235.1 215.4	223.6

Sumber :Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

B. Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 21 hari yang terdapat dalam Tabel 2.15 dan grafik 2.7 dapat disimpulkan campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebanyak 2 % terdapat berat semen memiliki kuat tekan optimum dibanding campuran lain, yaitu 250,9 kg/cm².

Hasil Pengujian Beton Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

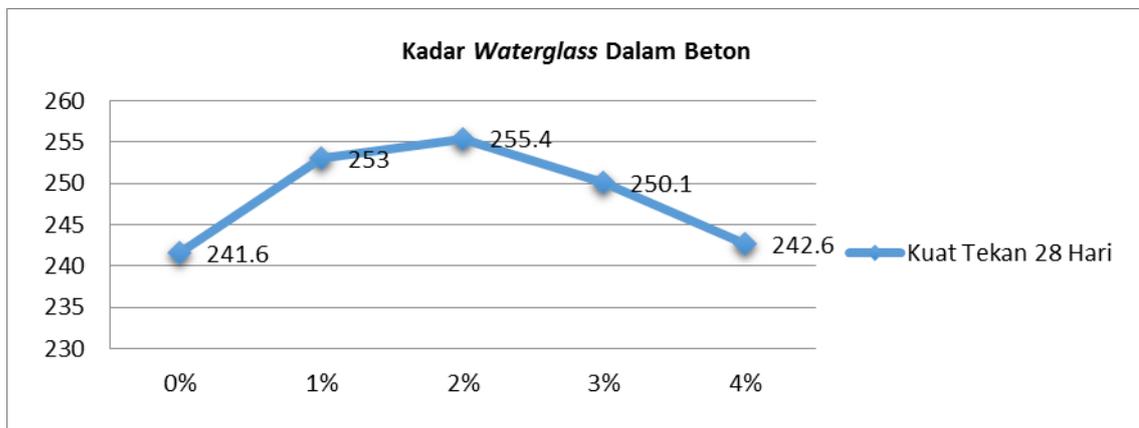
A. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur perawatan 28 hari. Dapat dilihat pada tabel 16 berikut ini :

Tabel 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk 28 hari

Penambahan <i>Waterglass</i>	Tanggal		<i>Slump</i> (cm)	Umur (hari)	Kuat Tekan		Rata-rata (Kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian			Ton	Kg / cm ²	
0%	3/23/2011	4/20/2014	12	14	43.1 44.0 41.0	243.9 249.0 232.0	241.6
1%	3/24/2011	4/20/2014	10	14	44.3 45.6 44.2	250.7 258.1 250.1	253.0
2%	3/24/2011	4/21/2014	8	14	45.6 45.0 44.8	258.1 254.7 253.5	255.4
3%	3/24/2011	4/21/20114	6	14	43.1 44.8 44.7	243.9 253.5 253.0	250.1
4%	3/25/2011	4/22/2014	4	14	43.2 42.2 43.2	244.5 238.8 244.5	242.6

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013



Gambar 8. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

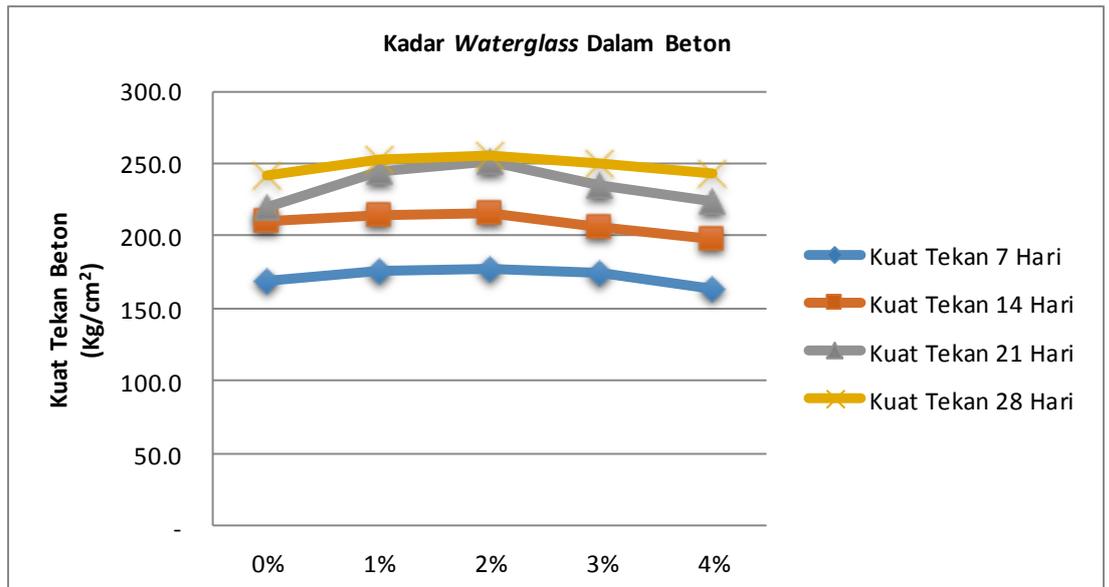
B. Analisa hasil pengujian kuat tekan beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari yang terdapat dalam Tabel 16 dan Grafik 2.8, campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebanyak 2% terhadap berat semen memiliki kuat tekan optimum dibanding campuran lain, yaitu sebesar 255,4 kg/cm².

Grafik Kuat Tekan Beton dengan Persentase *Waterglass*

A. Grafik kuat tekan beton dengan persentase *waterglass*

Dari analisa hasil pengujian kuat tekan beton dan penambahan *waterglass* pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Grafik 9 berikut ini.



Gambar 9. Grafik Kuat Tekan Beton Umur Perawatan

- B. Analisa hasil pengujian kuat tekan dengan persentase *waterglass* dalam umur perawatan. Pada Grafik .9, kuat tekan pada masing-masing persentase campuran beton mengalami peningkatan. Dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari, kuat tekan beton normal (tanpa campuran *waterglass*) sebesar 241,6 kg/cm², sementara kuat tekan optimum campuran beton yang ditambahkan *waterglass* ada di campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebesar 2% yaitu 255,4 kg/cm². Untuk kuat tekan campuran 1% sebesar 253,0 kg/cm² dan mengalami penurunan pada campuran 3% dan 4%, masing-masing sebesar 250,1 kg/cm² dan 242,6 kg/cm². Sedangkan nilai kuat tekan yang harus dicapai berdasarkan rencana sebesar 225 kg/cm². Artinya, pada penambahan *waterglass* sebesar 1% dan 2% terhadap campuran beton normal, akan menambah kuat tekan beton. Namun, penambahan *waterglass* melebihi dari persentase tersebut akan mengurangi mutu beton normal.

Hasil Pengujian Porositas Beton

- A. Data pengujian porositas beton

Hasil pengujian porositas beton dengan penambahan *waterglass* sebesar 2% terhadap berat semen dan beton normal dapat dilihat pada Tabel 17 berikut ini:

Tabel 17 Hasil Pengujian Porositas Beton

Nama	: Tim	Tanggal : 10-13 Mei 2013	
Temperatur	: Ruang 30 ⁰ C, Air 25 ⁰ C, Oven 105 ⁰ C,	Kelembaban : 92 %	
Contoh	: Beton Silinder		
Jenis campuran beton yang diuji		0%	2%
1) Diameter Contoh	(g)	10	10
2) Tebal Contoh (L)	(g)	1.4	1.3
3) Luas Contoh = 1/4 π d ²	(g)	78.54	78.54
4) Tinggi air (h)	(g)	20	20
5) Tinggi air yang merembes	(g)	43	38
6) Waktu yang digunakan (t1 - t2)	(g)	86400	86400
7) Debit air (Q) = $\frac{\text{Tinggi Air yang merembes}}{\text{Waktu yang digunakan}}$		4,977 ⁻⁷	4,398 ⁻⁷
8) Porositas = $\frac{L}{h} \frac{Q}{A (t1 - t2)}$ (cm/dtk)		5,133 ⁻¹²	4,212 ⁻¹²
8) Selisih	(%)	17.95	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2013

B. Analisa hasil pengujian porositas beton

Pada Tabel 17 didapat nilai K untuk beton normal sebesar 5,133⁻¹² cm/dtk dan untuk beton dengan penambahan zat aditif jenis *waterglass* sebanyak 2% terhadap berat semen memiliki nilai K sebesar 4,212⁻¹² cm/dtk. Selisihnya 17,95%. Artinya, campuran beton yang ditambahkan *waterglass* sebanyak 2% terhadap berat semen dengan mutu beton K-225 memiliki kekedapan yang lebih baik dibandingkan beton normal dengan mutu yang sama.

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa hasil pengujian, maka hasil penelitian *Penelitian Campuran Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Waterglass* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini (agregat halus dan agregat kasar) memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, sehingga layak untuk dijadikan bahan campuran beton dalam penelitian.
2. Semakin besar persentase penambahan *waterglass* dalam campuran beton terhadap berat semen, nilai *slump* beton semakin berkurang. *Slump* rencana sebesar 12 cm, pada campuran beton dengan penambahan *waterglass* sebesar 1% nilai *slump* turun sebanyak 16,67%, pada 2% turun 33,33%, pada 3% turun 50,00%, dan pada 4% turun 66,67%.
3. Penambahan *waterglass* sebesar 1% dan 2% terhadap berat semen dalam campuran beton normal umur K-225, dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton normal umur 28 hari sebesar 241,6 kg/cm² atau naik sebanyak 7,38% dari mutu rencana K-225. Pada campuran yang ditambahkan 1% *waterglass* terhadap berat semen memiliki kuat tekan sebesar 253,0 kg/cm² atau naik 12,44% dan pada 2% sebesar 255,4 kg/cm² atau naik 13,51% dengan mutu rencana yang sama.
4. Beton dengan penambahan *waterglass* sebanyak 2% terhadap berat semen memiliki kekedapan yang lebih baik dari pada beton normal yaitu sebesar 4,212⁻¹² cm/detik, sedang pada beton normal didapat nilai porositas/kekedapan sebesar 5,133⁻¹² cm/detik. Artinya, beton dengan penambahan *waterglass*

sebanyak 2% lebih kedap 17,95% dari pada beton tanpa campuran *waterglass* dengan mutu rencana yang sama.

5. Zat aditif jenis *waterglass* ini memiliki sifat sebagai penyerap air, sehingga membuat campuran beton cepat mengental. Dengan demikian, zat aditif ini dapat dijadikan solusi alternative terhadap campuran beton yang terlaru encer dan memiliki nilai *slump* yang tidak sesuai dengan standar, sehingga dapat memenuhi nilai *slump* yang diperbolehkan.
6. Dari hasil penelitian ini, penambahan *waterglass* dalam beton memungkinkan untuk digunakan dalam konstruksi-konstruksi yang berhubungan dengan air karena memiliki kedekatan yang lebih baik seperti saluran pembuangan dan perlindungan proyek terowongan.

DAFTAR PUSTAKA

ACI COMMITTEE 544, May 1982, State of The Art Report On Fibre Reinforced Concrete, ACI 544, IR-82, ACI, Detroit, Michigan.

Bekaert, 2006, Dramix Steel fibres for concrete reinforcement, United Kingdom.

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SK SNI T-15-1990-03.

Edward G. Nawy, 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco Bandung.

Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Jakarta, Penerbit Andi Jogjakarta.

PBI 71, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum 1971.

SNI 03-2834-2002, Departemen Pekerjaan Umum, *Tata cara pembuatan rencana beton normal*, Yayasan LPMB Bandung.

SNI 03-4154-1996, Pustran-Balitbang PU, *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Balok Uji Sederhana Yang Dibebeani Terpusat Langsung*.