



ST-4 PENGARUH SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Mardewi Jamal^{1*}, Wahyu Anugerah W. Cawidu², dan Johannes E. Simangunsong³

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: wie_djamaal@yahoo.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: gambacawidu28@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: je.mangunsong@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini fokus pada penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi material beton dalam konstruksi. Beton adalah bahan struktur yang paling umum digunakan dalam industri konstruksi. Namun, pembangunan skala besar mendorong inovasi dalam meningkatkan kekuatan beton. Salah satu inovasi yang dilakukan adalah dengan mengganti sebagian material beton dengan serbuk kaca. Substitusi ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan kekuatan tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh serbuk kaca terhadap kekuatan tekan beton dan menentukan persentase substitusi yang optimal. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis dampak serbuk kaca terhadap workability, yaitu kemudahan pengolahan beton. Penelitian dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-2834-2000. Rancangan campuran digunakan untuk menentukan komposisi dan kebutuhan bahan-bahan dalam campuran beton. Dalam penelitian ini, digunakan 30 sampel uji dengan variasi substitusi serbuk kaca terhadap semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase substitusi serbuk kaca sebesar 10% menghasilkan kekuatan tekan beton yang optimal, yaitu 26,30 MPa pada umur 28 hari. Penambahan serbuk kaca sebesar 5%, 10%, dan 15% memberikan peningkatan kekuatan tekan beton dibandingkan dengan beton normal pada umur 7 hari dan 28 hari. Nilai *Slump* yang diperoleh berada dalam rentang 9,5-14 cm, memenuhi persyaratan *Slump* dalam pengujian (6-18 cm), menunjukkan tingkat kecukupan *workability* substitusi serbuk kaca.

Kata kunci: Beton, Kuat Tekan, Serbuk Kaca, *Slump*

PENDAHULUAN

Pembangunan skala besar memaksa industri konstruksi untuk terus melakukan inovasi dalam meningkatkan kuat tekan beton. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melakukan substitusi pada material beton. Inovasi dengan melakukan substitusi pada material beton secara efektif mampu meningkatkan kinerja beton. Dalam melakukan substitusi pencampuran pada beton perlu dilakukan penelitian terhadap kandungan bahan pengganti yang akan digunakan.

Salah satu contoh substitusi material yang sering digunakan dalam pencampuran beton adalah serbuk kaca. Beberapa penelitian dengan substitusi campuran beton dengan menggunakan kaca mampu meningkatkan kuat tekan beton. Dalam penelitiannya Yohanes (2013) dalam penelitiannya yang berjudul, "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton", didapatkan hasil nilai kuat tekan pada umur 28 hari untuk kaca 6%, kaca 8% dan kaca 10% mengalami peningkatan terhadap kaca 0%. Judea (2013) dalam penelitiannya yang berjudul, "Optimalisasi Konsentrasi Tailing Sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pecahan Kaca dan Pasir", mendapatkan hasil kuat tekan optimum campuran beton dengan serbuk kaca 10% dari berat agregat halus.

Herbudiman (2011) dari penelitian yang berjudul, “Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai *Powder* pada *Selfcompacting Concrete*”, didapatkan kadar optimum substitusi parsial serbuk kaca adalah 10%. Komposisi tersebut menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata 49,08 MPa dan 4,08 MPa, yang menunjukkan peningkatan kekuatan sebesar +0,33% dan +4,88%.

Bubuk kaca merupakan hasil dari industri kaca yang mengandung silika (SiO_2) yang cukup besar yaitu 72–89% (Shayyan, 2002). Unsur-unsur kimia yang ada pada kaca sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen, sehingga apabila kaca dihancurkan menjadi serbuk berkemungkinan berfungsi sebagai filler karena mengandung silika yang membuat kaca menjadi bahan yang tidak menyerap air *atau zero water absorption*. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air. Serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau *filler*, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat. Penelitian ini dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari industri ataupun dari rumah tangga dalam jumlah besar berkemungkinan untuk dimanfaatkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh serbuk kaca terhadap kekuatan tekan beton dan menentukan persentase substitusi yang optimal. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis dampak serbuk kaca terhadap *workability*, yaitu kemudahan pengolahan beton.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian Beton

Beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen portland atau dengan semen hidraulis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau bahan non kimia atau bahan lain yang berupa serat, pozzoland dan sebagainya) dengan perbandingan tertentu. Beberapa material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan perbandingan tertentu menghasilkan campuran yang bersifat plastis sehingga dapat dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Bila campuran itu dibiarkan, akan semakin mengeras seiring dengan berjalannya waktu karena reaksi kimia yang terjadi antara air dan semen (Tjokrodinuljo, 2007).

Kekuatan beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas. Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu:

- Faktor Air Semen (FAS)
- Sifat Agregat
- Proporsi Semen dan Jenis Semen yang Digunakan
- Bahan Tambah
- Kelecekan (*Workability*)
- Perawatan (*Curing*) Beton

Material penyusun Beton

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen. Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya. Material yang digunakan seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Material Penyusun Beton

Perencanaan campuran beton (*Mix Design*)

Tujuan utama mempelajari sifat-sifat beton adalah untuk perencanaan campuran (*mix design*), yaitu pemilihan bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton ekonomis dengan kualitas yang baik. Perencanaan campuran beton (*concrete mix design*) dimaksudkan untuk mendapatkan beton dengan mutu sebaik-baiknya, antara lain:

- Kuat tekan yang tinggi
- Mudah dikerjakan
- Tahan lama
- Murah / ekonomis
- Tahan aus

Serbuk kaca

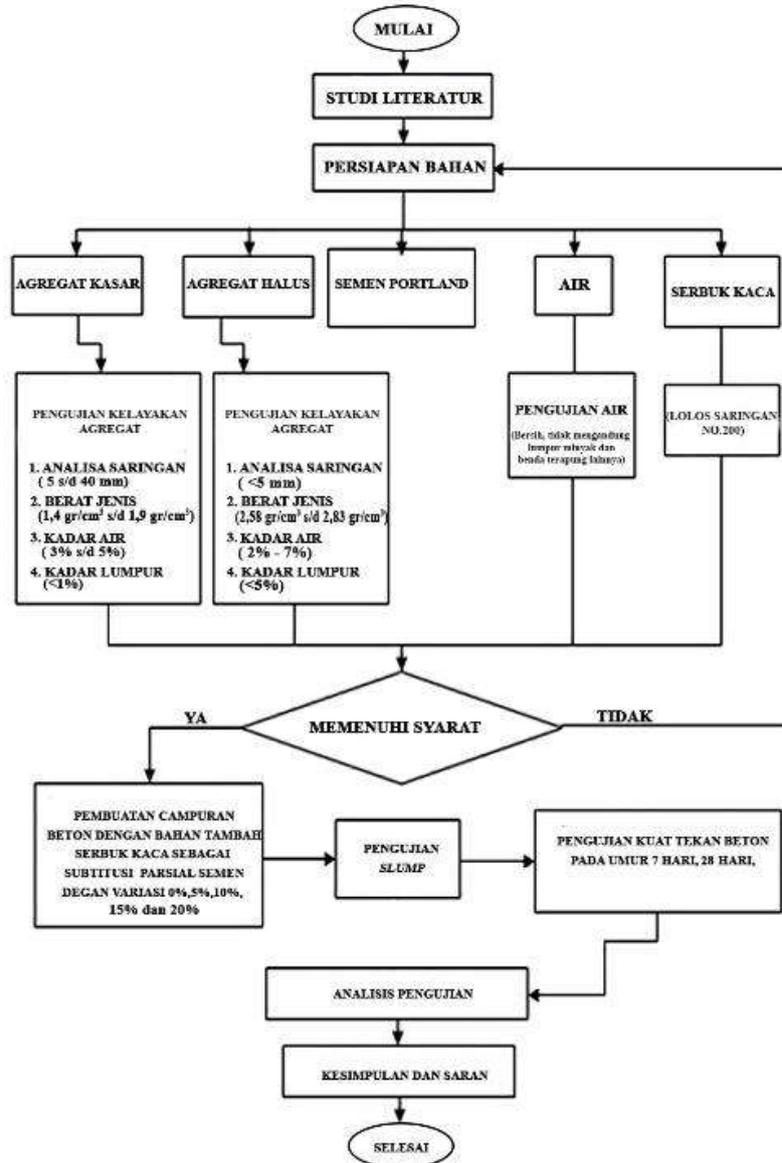
Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Dian, 2013). Serbuk kaca yang digunakan sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Bahan Serbuk Kaca

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan percobaan di laboratorium Rekayasa Bahan Universitas Mulawarman. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan dengan melakukan analisis dari bahan-bahan material campuran beton yang harus memenuhi syarat, setelah itu dilakukan pembuatan campuran beton dengan penambahan variasi serbuk kaca, kemudian dilakukan pengujian mulai dari pengujian Slump sampai dengan pengujian kuat tekan beton. Tahap penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *Slump*

Nilai *Slump* ditentukan sesuai dengan kondisi pekerjaan di lapangan untuk memperoleh campuran beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat dikatakan nilai *Slump* digunakan untuk memenuhi syarat *workability*. Pengujian *Slump* dilakukan setelah bahan campuran beton telah tercampur sempurna dan sebelum dituangkan pada cetakan. Pada penelitian ini nilai *Slump* diuji setiap 3 sampel, dan jumlah sampel pada penelitian ini adalah 30 sampel uji sehingga jumlah pengujian dan nilai *Slump* sebanyak 10. Nilai *Slump* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *Slump*

No	Variasi Kaca (%)	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	0%	9,5
2	5%	10
3	10%	11
4	15%	12
5	20%	14

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pengujian *Slump* yang dilakukan didapatkan nilai diantara 9,5-14 cm, pada pengujian beton normal memiliki nilai *Slump* 9,5 cm, beton dengan substitusi serbuk kaca 5% memiliki nilai *Slump* 10 cm, beton dengan substitusi serbuk kaca 10% memiliki nilai *Slump* 11 cm, beton dengan substitusi 15% memiliki nilai *Slump* 12 cm, dan beton dengan substitusi 20% serbuk kaca memiliki nilai *Slump* 14 cm.



Gambar 4. Uji *Slump*

beberapa faktor yang dapat mengakibatkan perbedaan pada nilai *Slump* salah satunya pada saat proses pembuatan benda uji. Dimana terdapat lebih banyak air dalam campuran beton ringan sehingga menghasilkan nilai *Slump* lebih besar.

Nilai Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Sampel uji kuat tekan merupakan sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adapun hari dari pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan 7 hari

No.	Serbuk Kaca	Berat (gr)	Beban (Kn)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
1		1264	197	13,44	
2	0%	1264	201	13,71	13,67
3		1290	203	13,85	
4		1264	221	15,08	
5	5%	1262	238	16,23	15,89
6		1266	240	16,37	
7		1266	281	19,17	
8	10%	1278	301	20,53	18,71
9		1288	241	16,44	
10		1252	204	13,92	
11	15%	1270	216	14,73	14,55
12		1256	220	15,01	
13		1284	161	10,98	
14	20%	1290	186	12,69	12,35
15		1262	196	13,37	

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan 28 hari

No	Serbuk Kaca	Berat (gr)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1		1246	307	20,94	
2	0%	1274	310	21,15	21,12
3		1232	312	21,28	
4		1228	339	23,12	
5	5%	1230	345	23,53	23,44
6		1230	347	23,67	
7		1254	375	25,58	
8	10%	1240	390	26,60	26,31
9		1250	392	26,74	
10		1264	330	22,51	
11	15%	1268	332	22,65	22,69
12		1232	336	22,92	
13		1272	288	19,65	
14	20%	1264	293	19,99	20,03
15		1266	300	20,46	

Dari Tabel 2 hasil dari pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari diperoleh kuat tekan maksimum beton pada sampel benda uji 10% serbuk kaca yang memiliki kuat tekan rata-rata mencapai 18,71 MPa. Pada beton normal tanpa substitusi serbuk kaca diperoleh nilai kuat tekan beton 13,67. Pada beton dengan substitusi serbuk kaca 5%, 15%, dan 20% memiliki nilai kuat tekan sebesar 15,89 Mpa; 14,55 MPa; dan 12,35 MPa.

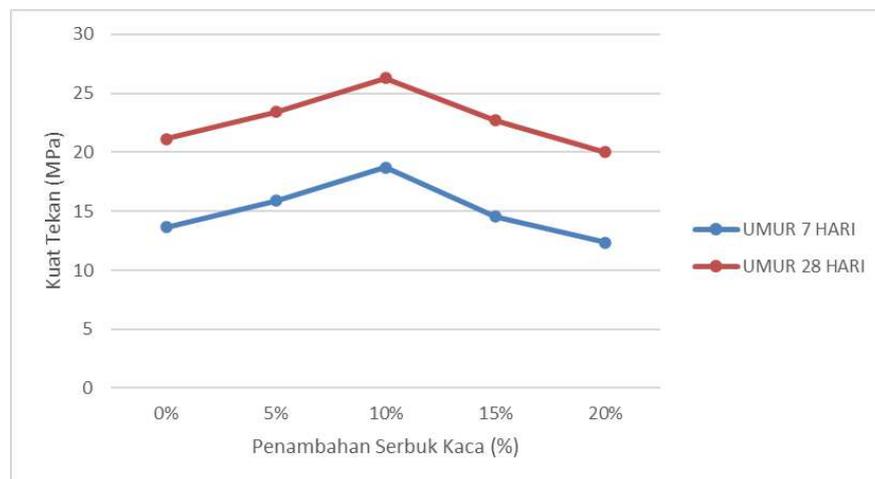


Gambar 5. Proses Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari didapatkan kuat tekan maksimum pada benda uji substitusi serbuk kaca 10% dengan kuat tekan rata-rata 26,30 MPa, kemudian pada benda uji tanpa substitusi serbuk kaca diperoleh hasil kuat tekan rata-rata 21,12 MPa, pada benda uji substitusi serbuk kaca 5% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 23,44 MPa, pada benda uji substitusi serbuk kaca 15% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 22,69 MPa dan pada benda uji substitusi serbuk kaca 20% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 20,03 MPa.

Hubungan Kuat Tekan dan Serbuk Kaca

Pada pengujian kuat tekan beton dengan substitusi serbuk kaca menghasilkan nilai kuat tekan yang bervariasi. Hubungan antara substitusi serbuk kaca dengan kuat tekan beton yang dicapai seperti yang terlihat pada gambar 2.



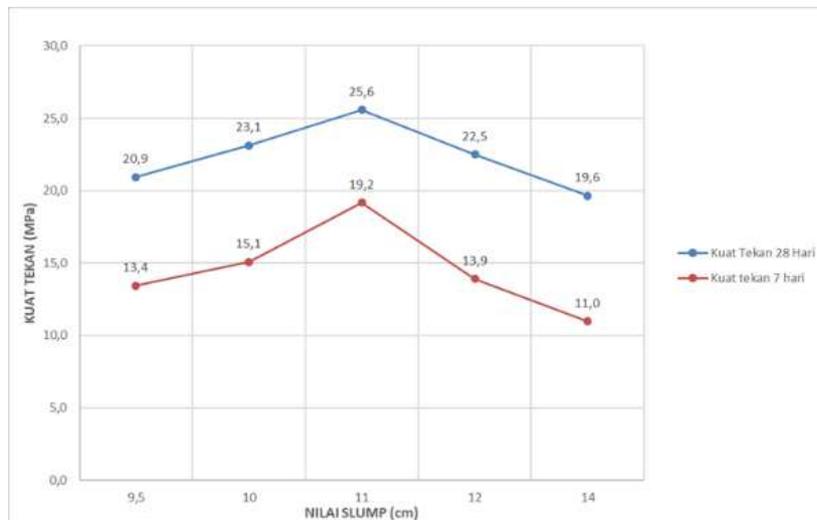
Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Penambahan Serbuk Kaca

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kadar optimum substitusi serbuk kaca sebagai pengganti semen berada pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,30 MPa pada umur 28 hari. Penambahan serbuk kaca 5%, 10%, 15% mengalami peningkatan nilai kuat tekan terhadap beton normal pada umur 7 hari dan 28 hari. Namun pada variasi kaca 20% mengalami penurunan pada nilai kuat tekan terhadap beton normal pada setiap umur yang diuji. Hal ini dikarenakan proses pengikatan senyawa yang kurang baik akibat

pengurangan fungsi semen itu sendiri dimana unsur senyawa alite (trikalsium silikat) yang berfungsi sebagai pembangun kekuatan awal beton berkurang. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan maximum pada penambahan serbuk kaca berada pada variasi kaca 10% umur 28 hari sebesar 26,30 Mpa, dan nilai kuat tekan minimum berada pada variasi kaca 20% pada umur 28 hari sebesar 20,03 MPa.

Hubungan Nilai *Slump* dan Kuat Tekan Beton

Pada pengujian nilai *Slump* beton menghasilkan nilai yang bervariasi, tergantung dari banyaknya substitusi serbuk kaca itu sendiri. Hubungan antara substitusi serbuk kaca dengan kuat tekan beton yang dicapai seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Nilai *Slump*

Pada gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa semua beton masuk dalam nilai *Slump* yang direncanakan (60-180 mm). Dalam hal ini kuat tekan minimum berada pada nilai *Slump* 14 cm dan nilai kuat tekan optimum diperoleh pada nilai *Slump* 11 cm. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan serbuk kaca yang tidak terlalu mengikat beton yang mengurangi fungsi penggunaan semen, sehingga membuat air yang ada pada beton tidak terlalu mengikat, dan membuat fungsi kaca itu sendiri berubah menjadi pengisi rongga-rongga pada beton yang bersifat kedap air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini nilai *Slump* yang didapatkan yaitu diantara 9,5-14 cm. Dalam hal ini kuat tekan minimum berada pada nilai *Slump* 14 cm dan nilai kuat tekan optimum diperoleh pada nilai *Slump* 11 cm. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan serbuk kaca yang tidak terlalu mengikat beton yang mengurangi fungsi penggunaan semen, sehingga membuat air yang ada pada beton tidak terlalu mengikat, dan membuat fungsi kaca itu sendiri berubah menjadi pengisi rongga-rongga pada beton yang bersifat kedap air. Akan tetapi, dalam pengerjaan di laboratorium nilai *Slump* 9,5-14 cm sudah cukup mudah dalam proses pengerjaannya dan nilai *Slump* yang sedikit lebih tinggi membantu kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.

Substitusi serbuk kaca dalam campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan namun serbuk kaca harus dilakukan perlakuan khusus terhadap kaca dalam hal ini kaca yang digunakan harus dalam keadaan sangat halus agar kandungan silika dan kapur pada kaca dapat keluar dan bisa bereaksi dengan campuran beton yang lain. Pengaruh variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan beton mengalami kenaikan nilai kuat tekan pada variasi kaca 5%, 10%, dan 15% terhadap beton normal, namun mengalami penurunan kuat tekan pada variasi kaca 20% dikarenakan proses pengikatan senyawa yang melambat akibat pengurangan fungsi semen itu sendiri dimana unsur senyawa alite (trikalsium silikat) yang berfungsi sebagai pembangun kekuatan awal beton berkurang.

Kuat tekan optimum substitusi serbuk kaca sebagai pengganti semen berada pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,30 MPa pada umur 28 hari. Penambahan serbuk kaca 5%, 10%, 15% mengalami



peningkatan nilai kuat tekan terhadap beton normal pada umur 7 hari dan 28 hari. Namun pada variasi kaca 20% mengalami penurunan pada nilai kuat tekan terhadap beton normal pada setiap umur yang diuji. Hal ini dikarenakan proses pengikatan senyawa yang kurang baik akibat pengurangan fungsi semen itu sendiri dimana unsur senyawa alite (trikalsium silikat) yang berfungsi sebagai pembangun kekuatan awal beton berkurang. tekan optimum substitusi serbuk kaca sebagai pengganti semen berada pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,30 MPa pada umur 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Paul Nugraha. (2007). "Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Beton Kinerja Tinggi". Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Badan Pusat Statistik. (2013). Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Indonesia 2010-2035. Jakarta.
- Dian, (2011) "Jenis-Jenis Kaca dan Aplikasinya", Teknik Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Herbudiman, B. ; Januar, C. (2011). "Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder pada Self- Compacting Concrete, laporan tugas akhir", Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Judea, R., T., (2013). "Optimalisasi Konsentrasi Tailing Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pecahan Kaca dan Pasir". Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mulyono, Tri. (2004). "Teknologi Beton". Yogyakarta.
- Nugraha, Paul dan Antoni. (2007). "Teknologi Beton". Yogyakarta.
- Purwanto. (2009). "Analisis Kekuatan Tarik dan Struktur Komposit Berpenguat Serat Alam Sebagai Bahan Alterative Kaca dalam Pembuatan Dashboard". Semarang
- Shayan, Ahmad. (2002). "Value-Added Utilisation of Waste Glass in Concrete. Research Journal". Swinburne University of Technology, Melbourne
- Tjokrodimuljo, K., (2007). "Teknologi Beton", Andi Offset : Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (2013). "Teknologi Beton". Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- Wibowo, Dian. (2013). "Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixstures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton".
- Yohanes, H., K.; Tenda, W. (2013). "Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen". Universitas Sam Ratulangi, Manado.