

**PENGARUH PENAMBAHAN TUMBUKAN LIMBAH BOTOL KACA SEBAGAI
BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT
LENTUR BETON**

Ayu Suhartini¹⁾, Anita Setyowati Srie Gunarti²⁾, Azharie Hasan³⁾
^{1,2,3)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam 45 Bekasi
Email: ayuputrifauzi@ymail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia setiap tahun selalu meningkat. Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta dan kota lainnya. Oleh karena itu harus dilakukan suatu inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca yang ada sebagai salah satu material campuran beton, untuk itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian menggunakan limbah kaca tersebut.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi. Pedoman penelitian mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *Japanese Industrial Standard* (JIS). Mutu beton K200 dengan komposisi penambahan tumbukan limbah botol kaca sebesar 0 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 % dan 10 % dari berat pasir, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Sedangkan, pengujian kuat lentur dilakukan pada umur 28 hari.

Dari hasil penelitian dan pengujian, penambahan tumbukan limbah botol kaca sebesar 2,5 % dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,570 % dari kuat tekan beton normal. Untuk nilai penambahan kuat lentur tertinggi adalah pada variasi 10% sebesar 22% terhadap kuat lentur beton normal.

Kata Kunci: Beton, Agregat halus, Tumbukan limbah kaca, Kuat tekan, Kuat lentur

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia setiap tahun selalu meningkat. Perkembangan ini memberikan dampak positif dan negatif terhadap kehidupan sehari-hari. Dampak negatif yang paling utama adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia, limbah ini sebagian besar langsung dibuang ke alam tanpa dilakukan pengolahan.

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta dan kota lainnya, limbah kaca setiap hari semakin meningkat volumenya karena banyak kegiatan manusia yang menghasilkan kaca, sebagian besar limbah kaca langsung dibuang ke lahan terbuka, hal ini tentu saja akan mencemari lingkungan mengingat kaca merupakan material yang tidak dapat didaur ulang secara alami oleh alam.

Oleh karena itu harus dilakukan suatu inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca yang ada sebagai salah satu material campuran beton. Dalam hal ini kaca akan dijadikan sebagai pengganti agregat halus pada

campuran beton. Dengan penggunaan kaca sebagai agregat halus diharapkan dapat menjadi material alternatif campuran beton dan diharapkan akan mengurangi limbah kaca yang dapat merusak lingkungan.

2. Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan tumbukan limbahbotol kaca sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton?

3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan dibuat benda uji dengan :

- a. Kuat tekan beton yang direncanakan K 200.
- b. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tekan dan kuat lentur beton.
- c. Agregat halus dalam penelitian ini adalah tumbukan limbah botol kaca.
- d. Persentase penggunaan limbah botol kaca divariasikan dalam beberapa macam, yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Setiap variasi dibuat 3 (tiga) buah benda uji.
- e. Untuk pengujian kuat tekan beton akan dibuat benda uji sebanyak 45 benda uji.
- f. Untuk pengujian kuat lentur beton akan dibuat benda uji sebanyak 15 benda uji.
- g. Semen yang dipakai adalah Semen *Portland* jenis I merk Tiga Roda.
- h. Agregat halus yang dipakai adalah Pasir Mundu Cirebon.
- i. Agregat kasar yang dipakai adalah kerikil jenis batu pecah (split), Purwakarta.
- j. Tumbukan limbah botol kaca yang digunakan dari sisa botol minuman (berwarna hijau) yang berasal dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Bantargebang, Bekasi
- k. Air yang dipakai diambil di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam "45" Bekasi.
- l. Pelaksanaan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam "45" Bekasi pada beton berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan tumbukan limbahbotol kaca terhadap kekuatan tekan dan kekuatan lentur pada beton.

5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai alternatif baru pembuatan beton dengan menggunakan tumbukan limbah botol kaca sebagai agregat halus pada campuran dan mengurangi jumlah limbah kaca yang dibuang ke lingkungan.

6. Tinjauan Pustaka

A. Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton

berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton.

B. Kaca

kaca adalah substansi yang dibuat dengan pendinginan bahan-bahan yang dilelehkan, tidak berbentuk kristal tetapi tetap pada kondisi berongga. Limbah kaca biasanya dipisahkan berdasarkan penggunaan akhirnya dan berdasarkan penggunaan akhirnya kaca dipisahkan berdasarkan warna kaca, secara garis besar kaca dibagi menjadi tiga warna:

- Bening/tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai alat rumah tangga.
- Hijau, biasanya digunakan sebagai botol minuman bir atau *wine*.
- Coklat, biasanya digunakan sebagai botol minuman ringan.

Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain :

- Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air.
- Kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya, adapun penggunaan aditif untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama harganya mahal.

Tabel 1. Kandungan Kimia Dalam Kaca

No.	Atom / Che. Formula
1	Na ¹¹
2	Al ¹³
3	Si ¹⁴
4	K ¹⁹
5	Ca ²⁰
6	Ti ²²
7	Fe ²⁶
8	Sr ³⁸

C. Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

a) Kuat Tekan

Kekuatan tekan merupakan kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Berdasarkan SNI kuat tekan didefinisikan sebagai besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut SNI 03-1974-1990 kekuatan tekan benda uji beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ_c = kuat tekan beton (kg/cm²)

P = kuat tekan maksimum pada contoh beton

A = luas penampang (permukaan pada contoh beton)

b) Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kekuatan tarik beton dalam keadaan lentur akibat momen, kekuatan yang dikenal sebagai modulus runtuh (*modulus of rupture*) adalah hal yang cukup penting untuk menentukan retak-retak dan lendutan dari suatu balok yang di bebani, kuat lentur pada beton dapat ditentukan dari balok beton yang mengalami pembebanan transversal. Kuat lentur maksimum dialami oleh serat bawah balok beton dan disebut sebagai *Modulus of rupture*, yang besarnya tergantung dari panjang balok dan jenis pembebanan.

$$\sigma_b = \frac{3PI}{2bh^2}$$

Dimana :

σ_b = kuat lentur beton (kg/cm²)

P = beban maksimum pada contoh beton (t)

I = panjang rentangan contoh beton (cm)

b = lebar contoh beton (cm)

h = tinggi contoh beton (cm)

7. Metodologi Penelitian

A. Tahapan Penelitian

Dalam tahapan penelitian di Laboratorium ini, direncanakan beberapa tahapan kerja yaitu :

- a. Tahap pertama, penelitian terhadap bahan dasar pembentuk beton. Tujuannya untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan-bahan tersebut.
- b. Tahap kedua, perhitungan perencanaan campuran beton, pencampuran beton, pengujian *slump*, pembuatan benda uji silinder dan balok serta perawatan benda uji selama proses pengikatan awal.
- c. Tahap ketiga, pengujian kuat tekan benda uji berbentuk silinder dan pengujian kuat lentur berbentuk balok.
- d. Tahap keempat, menganalisa data hasil pengujian benda uji dan membuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

B. Tes Kuat Tekan

Untuk tes kuat tekan akan disiapkan sejumlah benda uji dengan rincian sebagai berikut :

1. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 0 %. Untuk tes kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari masing-masing dibuat 3 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dengan kadar agregat halus 0 % adalah 15 benda uji.
2. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 2,5 %. Untuk tes kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari masing-masing dibuat 3 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dengan kadar agregat halus 2,5 % adalah 15 benda uji.
3. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 5 %. Untuk tes kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari masing-masing dibuat 3 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dengan kadar agregat halus 5 % adalah 15 benda uji.

4. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 7,5 %. Untuk tes kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari masing-masing dibuat 3 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dengan kadar agregat halus 7,5 % adalah 15 benda uji.
5. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 10%. Untuk tes kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari masing-masing dibuat 3 buah benda uji sehingga jumlah benda uji dengan kadar agregat halus 10% adalah 15 benda uji.

Jadi jumlah seluruh benda uji untuk tes kuat tekan sebanyak 45 benda uji.

C. Tes Kuat Lentur

Untuk tes kuat tekan akan disiapkan sejumlah benda uji dengan rincian sebagai berikut :

- a. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 0 %. Untuk tes kuat lentur umur umur 28 hari dibuat 3 buah benda uji.
- b. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 2,5 %. Untuk tes kuat lentur umur umur 28 hari dibuat 3 buah benda uji.
- c. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 5 %. Untuk tes kuat lentur umur umur 28 hari dibuat 3 buah benda uji.
- d. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 7,5 %. Untuk tes kuat lentur umur umur 28 hari dibuat 3 buah benda uji.
- e. Benda uji dengan kadar agregat halus kaca 10 %. Untuk tes kuat lentur umur umur 28 hari dibuat 3 buah benda uji.

Jadi jumlah seluruh benda uji untuk tes kuat lentur sebanyak 15 benda uji.

D. Prosedur Penelitian

Semua pengujian yang akan dilakukan akan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *Japanese Industrial Standard* (JIS). Adapun standar pengujian yang digunakan sebagai berikut :

- a. Pengujian agregat kasar
 - 1). Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat sesuai dengan dengan SNI 03-1969-1990 dan JIS A.1110-1951
 - 2). Pengujian analisa saringan sesuai dengan SNI 03-1968-1990 dan JIS A.1102-1953
- b. Pengujian agregat halus
 - 1). Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat sesuai dengan dengan SNI 03-1970-1990 dan JIS A.1190-1951
 - 2). Pengujian analisa saringan sesuai dengan SNI 1968-2008 dan JIS A.1102-1976
 - 3). Pengujian kadar lumpur atau lolos saringan 0,075 mm sesuai dengan SNI 03-4143-1991 dan JIS A.1103-1964
- c. Pengujian Slump beton
Pengujian Slump mengacu pada dengan SNI 03-1972-1990 dan JIS A.1101-1950
- d. Pengujian kuat tekan beton
Pengujian kuat tekan mengacu pada dengan SNI 03-1974-1990 dan JIS A.1108-1963
- e. Pengujian kuat lentur beton
Pengujian kuat lentur mengacu pada dengan SNI 03-1726-2002

E. Material yang digunakan

Material yang akan di gunakan dalam penelitian ini

- a. Semen
- b. Agregat halus
- c. Agregat kasar
- d. Air
- e. Kaca

F. Pengujian Bahan Material

Pengujian yang akan dilakukan meliputi:

5. Pengujian analisa saringan agregat kasar
6. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar
7. Pengujian analisa saringan agregat halus
8. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus
9. Pengujian lolos saringan 0,075 mm (Kadar Lumpur)

G. Perhitungan *Mix Design*

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dari penyusun campuran yang akan dibuat. Dari perhitungan ini akan diperoleh jumlah dari masing-masing komponen penyusuncampuran yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Perhitungan ini akan dilakukan setelah diketahui hasil pemeriksaan dari bahan-bahan tersebut.

H. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji yang perlu dilakukan, meliputi:

- 1) Pengujian *Slump* Beton
- 2) Pengujian Kuat Tekan Beton
- 3) Pengujian Kuat Lentur Beton

I. Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta benda uji sudah dibuat, maka pengujian sudah dapat dilakukan sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar, masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui korelasi antar satu pengujian dengan pengujian yang lain. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan diharapkan akan memberi pengaruh baik pada beton dengan penambahan campuran tumbukan limbah botol kaca.

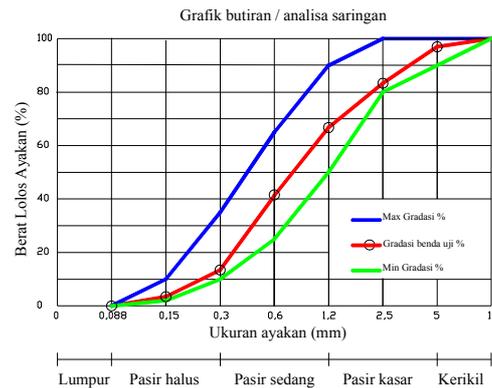
8. Hasil Dan Analisa Penelitian

A. Pengujian Bahan Material

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Sisa Masing-masing		Jumlah Berat Sisa		Berat Lolos (%)
	(gr)	(%)	(gr)	(%)	
#40					
#30					100
#20	1121,5	5,49	1121,5	5,49	94,51
#10	10980,3	53,75	12101,8	59,24	40,75
#5	7519,7	36,81	19621,5	96,05	3,95

#2,5	807	3,95	20428,5	100	0
Pan					
Jumlah	20428,5	100			
M.Agregat	25 mm	FM = 7,6			



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

B. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

No Pemeriksaan		1	2
(1)	Berat dalam udara (keranjang) (g)	638,9	632
(2)	Berat dalam udara (keranjang+contoh) (g)	4459,5	4923,1
(3)	Berat Contoh SSD (g)	3820,6	4291,1
(4)	Berat dalam air (Keranjang +contoh) (g)	2908,6	3189,5
(5)	Berat dalam air (keranjang) (g)	551	548
(6)	Berat dalam air (contoh) (g)	2357,6	2641,5
(7)	Berat jenis SSD = $\frac{(1)}{(1)-(6)}$ (g)	2,6115	2,601
(8)	Perbedaan hasil	0,01	
(9)	Hasil rata-rata	2,6062	
(10)	Berat contoh kering oven (g)	3721,7	4181,7
(11)	Penyerapan = $\frac{(1)}{(1)-(10)}$ (%)	2,657	2,616
(12)	Perbedaan hasil	0,041	
(13)	Hasil rata-rata	2,64%	

C. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Tabel 4. Hasil Pengujian Analisa saringan Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Sisa Masing-masing		Jumlah Berat Sisa		Berat Lolos (%)
	(gr)	(%)	(gr)	(%)	
#10	-	-			100
#5	30,4	3,04	30,4	3,04	96,96
#2,5	136,5	13,65	166,9	16,69	83,31
#1,2	165,5	16,55	332,4	33,24	66,76
#0,6	254,9	25,49	587,3	58,73	41,29
#0,3	274,8	27,48	862,1	86,21	13,46
#0,15	103,3	10,33	965,4	96,54	3,46
Pan	34,6	3,46	1000	100	0
Jumlah	1000	100			
M.Kehalusan	FM = 2,94				

D. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

No Pemeriksaan	1	2
(1) Nomor Picnometer	1	2
(2) Berat Picnometer(g)	154,3	158,3
(3) Berat Contoh(g)	500	500
(4) Berat (Pic + contoh + Air)(g)	956,6	960,25
(5) Berat Air(g)	302,3	301,95
(6) Berat Jenis = $\frac{500}{500-(5)}$	2,529	2,524
(7) Perbedaan Hasil	0,005	
(8) Hasil Rata-rata	2,5265	
(9) Berat contoh sesudah kering(g)	486,35	487,03
(10) Penyerapan = $\frac{500-(9)}{500}$ (%)	2,806	2,663
(11) Perbedaan hasil (%)	0,143	
(12) Hasil rata-rata (%)	2,7345 %	

E. Pengujian Lolos Saringan 0,075 mm (Kadar Lumpur)

Tabel 6. Hasil Pengujian Lolos Saringan 0,075 mm

No Pemeriksaan	1	2
(1) Berat contoh kering sebelum di cuci (g)	700	700
(2) Berat contoh kering sesudah dicuci (g)	672,3	675,8
(3) Berat yang hilang (g)	27,7	24,2
(4) Persentase bahan yang lolos $\frac{(1)-(2)}{(1)} \times 100\%$	3,95%	3,45%
(5) Hasil Rata-rata (%)	3,70%	

F. Hasil Tes Kuat Tekan dan Analisanya

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Variasi (%)	Tanggal		Umur (Hari)	Slump (cm)	Kuat Tekan	
	Pembuatan	Pengujian			KN	(kg/cm ²)
0	30-Mei-12	06-Jun-12	7	12	225	133,976
0	30-Mei-12	06-Jun-12	7	12	225	133,976
0	30-Mei-12	06-Jun-12	7	12	223	132,785
Rata – rata			7	12	224,3	133,579
2,5	01-Jun-12	08-Jun-12	7	12	251	149,457
2,5	01-Jun-12	08-Jun-12	7	12	255	151,839
2,5	01-Jun-12	08-Jun-12	7	12	245	145,885
Rata – rata			7	12	250,3	149,06
5	05-Jun-12	12-Jun-12	7	12	257	153,03
5	05-Jun-12	12-Jun-12	7	12	224	133,38
5	05-Jun-12	12-Jun-12	7	12	243	144,694
Rata – rata			7	12	241,3	143,701
7,5	07-Jun-12	14-Jun-12	7	12	225	133,976
7,5	07-Jun-12	14-Jun-12	7	12	218	129,807
7,5	07-Jun-12	14-Jun-12	7	12	223	132,785
Rata – rata			7	12	222	132,189
10	09-Jun-12	16-Jun-12	7	12	218	129,807
10	09-Jun-12	16-Jun-12	7	12	196	116,708
10	09-Jun-12	16-Jun-12	7	12	208	123,853
Rata – rata			7	12	207	123,456

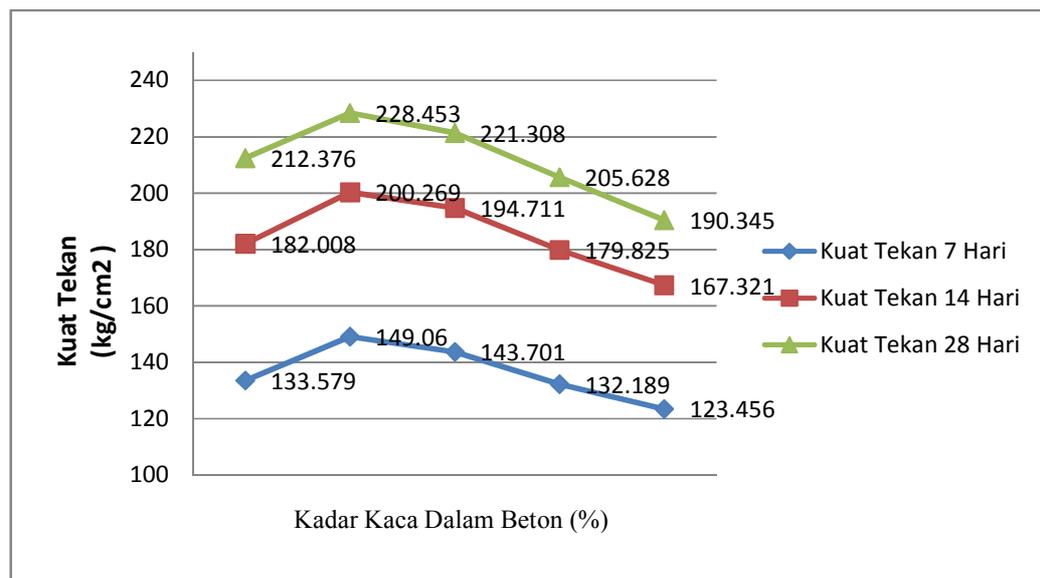
Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Variasi (%)	Tanggal		Umur Hari	Slump (cm)	Kuat Tekan	
	Pembuatan	Pengujian			KN	(kg/cm ²)
0	30-Mei-12	13-Jul-12	14	12	295	175,657
0	30-Mei-12	13-Jul-12	14	12	317	188,757
0	30-Mei-12	13-Jul-12	14	12	305	181,611
Rata – rata			14	12	305,667	182,008
2,5	01-Jun-12	15-Jun-12	14	12	339	201,857
2,5	01-Jun-12	15-Jun-12	14	12	345	205,429
2,5	01-Jun-12	15-Jun-12	14	12	325	193,52
Rata – rata			14	12	336,333	200,269
5	05-Jun-12	19-Jun-12	14	12	319	189,948
5	05-Jun-12	19-Jun-12	14	12	323	192,329
5	05-Jun-12	19-Jun-12	14	12	339	201,857
Rata – rata			14	12	327	194,711
7,5	07-Jun-12	21-Jun-12	14	12	290	172,68
7,5	07-Jun-12	21-Jun-12	14	12	309	183,993
7,5	07-Jun-12	21-Jun-12	14	12	307	182,802
Rata – rata			14	12	302	179,825
10	09-Jun-12	23-Jun-12	14	12	290	172,68
10	09-Jun-12	23-Jun-12	14	12	270	160,771
10	09-Jun-12	23-Jun-12	14	12	283	168,512
Rata – rata			14	12	281	167,321

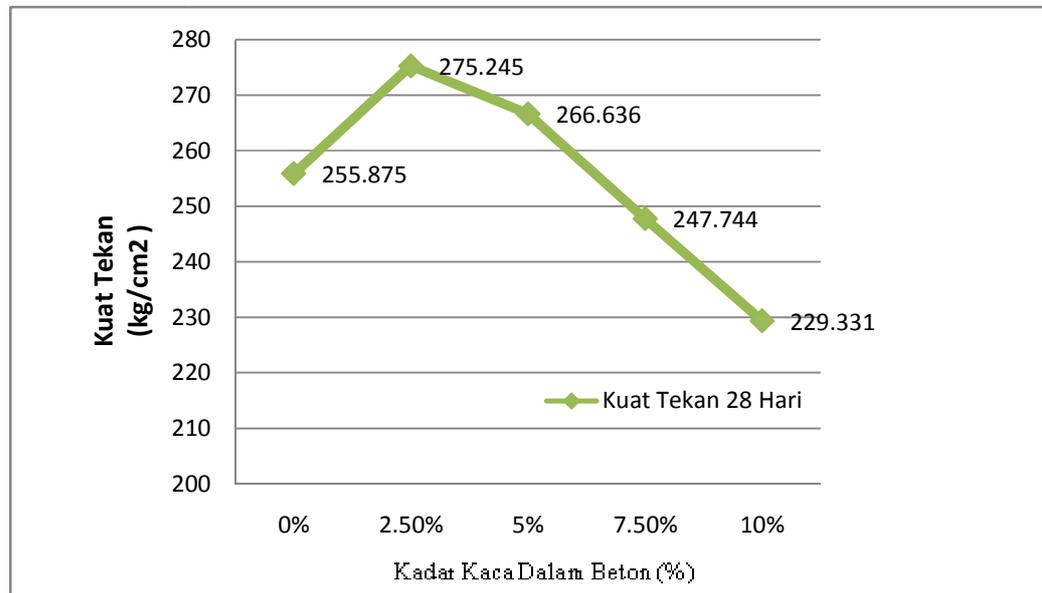
Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Variasi (%)	Tanggal		Umur Hari	Slump (cm)	Kuat Tekan		konversi Kubus (kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian			KN	(kg/cm ²)	
0	30 Mei 2012	27 Juni 2012	28	12	345	205,429	247,505
0	30 Mei 2012	27 Juni 2012	28	12	366	217,934	262,571
0	30 Mei 2012	27 Juni 2012	28	12	359	213,766	257,549
Rata – rata			28	12	356,66	212,376	255,875
2,5	01 Juni 2012	29 Juni 2012	28	12	389	231,629	279,071
2,5	01 Juni 2012	29 Juni 2012	28	12	375	223,293	269,027
2,5	01 Juni 2012	29 Juni 2012	28	12	387	230,438	277,636

Rata – rata			28	12	381,66	228,453	275,245
5	05 Juni 2012	03 Juli 2012	28	12	373	222,102	267,593
5	05 Juni 2012	03 Juli 2012	28	12	370	220,315	265,440
5	05 Juni 2012	03 Juli 2012	28	12	372	221,506	266,875
Rata – rata			28	12	371,66	221,308	266,636
7,5	07 Juni 2012	05 Juli 2012	28	12	349	207,811	250,375
7,5	07 Juni 2012	05 Juli 2012	28	12	330	196,498	236,744
7,5	07 Juni 2012	05 Juli 2012	28	12	357	212,575	256,114
Rata – rata			28	12	345,33	205,628	247,744
10	09 Juni 2012	07 Juli 2012	28	12	323	192,329	231,722
10	09 Juni 2012	07 Juli 2012	28	12	319	189,948	228,853
10	09 Juni 2012	07 Juli 2012	28	12	317	188,757	227,418
Rata – rata			28	12	319,66	190,345	229,331



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton dengan Presentase Tumbukan Limbah Botol Kaca



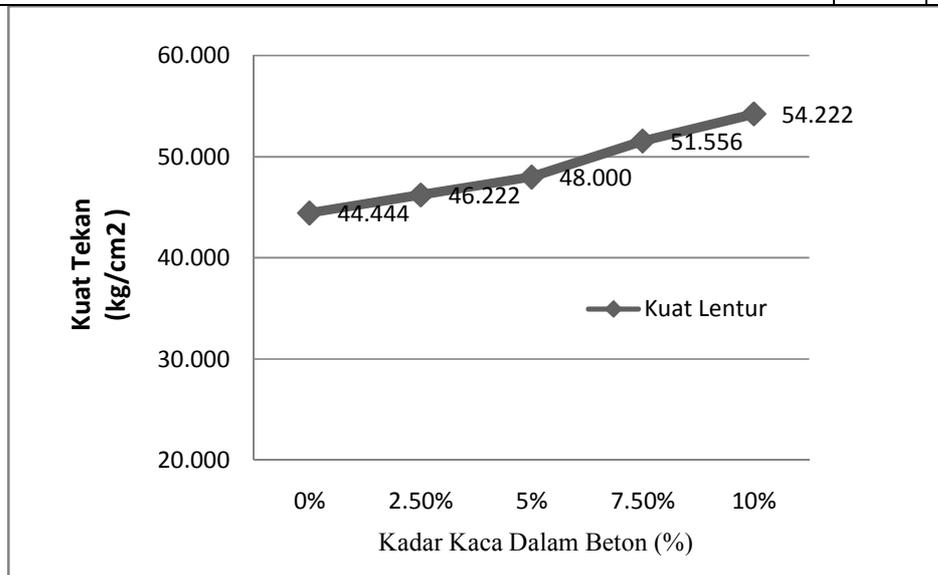
Gambar .3 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari (Kubus)

G. Hasil Tes Kuat Lentur dan Analisanya

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

Kadar Variasi (%)	Tanggal		Ukuran			Umur (Hari)	Slump (Cm)	P Maks (Ton)	Kuat Lentur
	Pembuatan	Pengujian	Panjang (Cm)	Lebar (Cm)	Tinggi (Cm)				
0	11 Juni 2012	09 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,700	45,333
0	11 Juni 2012	09 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,700	45,333
0	11 Juni 2012	09 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,600	42,667
								1,667	44,444
2,5	12 Juni 2012	10 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,800	48,000
2,5	12 Juni 2012	10 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,700	45,333
2,5	12 Juni 2012	10 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,700	45,333
								1,733	46,222
5	13 Juni 2012	11 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,900	50,667

5	13 Juni 2012	11 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,800	48,000
5	13 Juni 2012	11 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,700	45,333
								1,800	48,000
7,5	14 Juni 2012	12 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,900	50,667
7,5	14 Juni 2012	12 Juli 2012	60	15	15	28	12	2,000	53,333
7,5	14 Juni 2012	12 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,900	50,667
								1,933	51,556
10	15 Juni 2012	13 Juli 2012	60	15	15	28	12	1,900	50,667
10	15 Juni 2012	13 Juli 2012	60	15	15	28	12	2,100	56,000
10	15 Juni 2012	13 Juli 2012	60	15	15	28	12	2,100	56,000
								2,033	54,222



Gambar 4. Grafik Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

H. Analisa Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari

Dari hasil pengujian kuat lentur beton pada umur 28 hari yang terdapat pada tabel dan grafik :

- 1). Nilai penambahan kuat lentur beton 2,5 %

$$= \frac{46,222-44,444}{44,444} \times 100 \% = 4,000 \%$$
- 2). Nilai penambahan kuat lentur beton 5%

$$= \frac{48,000-44,444}{44,444} \times 100 \% = 8,000 \%$$
- 3). Nilai penambahan kuat lentur beton 7,5 %

$$= \frac{51,556-44,444}{44,444} \times 100 \% = 16,002 \%$$
- 4). Nilai penambahan kuat lentur beton 10 %

$$= \frac{54,222-44,444}{44,444} \times 100 \% = 22,000 \%$$

Jadi semakin besar penambahan tumbukan limbah botol kaca sebagai bahan substitusi terhadap agregat halus maka nilai kuat lentur beton semakin tinggi.

9. Kesimpulan Dan Saran

A. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa hasil pengujian, maka hasil dari penelitian Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. 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.
- b. Penambahan tumbukan botol kaca sebesar 2,5 % ini dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,570 % dari kuat tekan beton normal. Namun, penambahan tumbukan botol kaca sebesar 5% akan mengurangi mutu beton sebesar 3,228 %, penambahan tumbukan botol kaca sebesar 7,5% akan mengurangi mutu beton sebesar 11,100 % dan penambahan tumbukan botol kaca sebesar 10% akan mengurangi mutu beton sebesar 20,02 % dari kuat tekan beton optimum..
- c. Nilai penambahan kuat tekan optimum (pada variasi 2,5%) pada beton dengan menggunakan tumbukan limbah botol kaca terhadap mutu rencana 230 kg/cm² sebesar 19,671 %.
- d. Semakin besar penambahan tumbukan limbah botol kaca sebagai bahan substitusi terhadap agregat halus maka nilai kuat lentur beton semakin tinggi. Nilai penambahan kuat lentur tertinggi adalah pada variasi 10% sebesar 22,000 % terhadap kuat lentur beton normal.
- e. Secara umum beton dengan penambahan tumbukan limbah botol kacasebesar 2,5% ini dapat digolongkan dalam jenis mutu beton sedang yang umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, lantai kerja, gorong-gorong beton, dan plat lantai bangunan, bangunan bawah jembatan.

B. Saran

Dari uraian di atas dan merujuk kepada hasil penelitian, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik disarankan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Ketahanan beton beragregat kaca dalam kaitannya dengan bahaya kebakaran perlu diteliti lebih lanjut mengingat kaca adalah bahan yang dapat meleleh pada suhu tinggi,

sehingga ada kemungkinan agregat kaca meleleh pada suhu tertentu dan mengakibatkan komponen struktur kehilangan kekuatan.

- b. Untuk penelitian sejenis penghancurkan bahan tambah (kaca) disarankan menggunakan *Los Angeles Machine* karena penghancuran kaca secara manual dapat membahayakan peneliti.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, *Panduan Praktikum Teknologi Beton*, Dept. PU Puslitbang SDA Balai Irigasi, Bekasi.
- Anonim, 2008, SNI 1968:2008 (*Medote Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 2008, SNI 1969:2008 (*Medote Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar*), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 2008, SNI 1970:2008 (*Medote Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 2008, SNI 1974:2008 (*Medote Pengujian Kekentalan Slump Beton*), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 2008, SNI 1972:2008 (*Medote Pengujian Kuat Tekan Beton*), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fitriana, R., 2006, *Penelitian Pengaruh Penambahan Abu Kaca Pada Kuat Tekan Beton*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam "45", Bekasi.
- Japan Industrial Standard*
- Mulyono, T., 2003, *Teknologi Beton*, penerbit Andi, Yogyakarta.
- Setiawan, B., 2006, *Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca Pada Beton Ditinjau Dari Segi Kekuatan dan Shrinkage*. Tugas Akhir Universitas Kristen Petra, Jawa Timur.
- Tjokrodimulyo, K., 1995, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Penerbit Nafari, Yogyakarta.
- Wisnuseputro, Regianto., 2009, *Perilaku Susut, Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Agregat Kasar Kaca*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Indonesia, Depok.